

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-090978

(43)Date of publication of application : 27.03.2002

---

(51)Int.Cl. G03F 1/08  
C23C 14/06  
C23C 14/34  
H01L 21/027

---

(21)Application number : 2000-277354

(71)Applicant : HOYA CORP

(22)Date of filing : 12.09.2000

(72)Inventor : NOZAWA JUN  
MITSUI HIDEAKI

---

(54) METHOD OF MANUFACTURING PHASE SHIFT MASK BLANK AND APPARATUS FOR  
MANUFACTURING PHASE SHIFT MASK BLANK

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method, etc., of manufacturing phase shift mask blanks which is capable of decreasing the variations in phase angle and transmittance among the blanks as far as possible and good in yield.

SOLUTION: The method of manufacturing the phase shift mask blanks is characterized in that a process step of continuously depositing thin films on the transparent substrates by using a sputtering method includes a process step in which a series of processes to form the thin films for forming patterns in a sputtering chamber and to eject the respective transparent substrates after the deposition out of the sputtering chamber are successively carried out with plural sheets of the substrates and the transfer-in and out of the transparent substrates are carried out approximately at specified intervals, thereby, the deposition time is made constant among plural sheets of the blanks.

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]On a transparent substrate, a phase shift mask blank which has a phase shifting layer at least in a method of manufacturing continuously two or more sheets said method, A manufacturing method of a phase shift mask blank which includes a process which a phase shifting layer uses sputtering process on a transparent substrate, and is formed continuously and with which dispersion in a phase angle of a phase shifting layer between said blanks of two or more sheets is characterized by being \*\*2 degrees.

[Claim 2]On a transparent substrate, a half tone type phase shift mask blank which has the optical diffusion shell in a method of manufacturing continuously two or more sheets said method, A process which optical diffusion shell uses sputtering process on a transparent substrate, and is formed continuously is included, A manufacturing method of a half tone type phase shift mask blank, wherein a phase angle of optical diffusion shell between said half tone type phase shift mask blanks of two or more sheets and dispersion of transmissivity are less than \*\*2 degrees and less than \*\*4%, respectively.

[Claim 3]In a method of manufacturing continuously two or more sheets, a photo mask blank which has a thin film for forming a pattern at least on a transparent substrate said method, A process which said thin film uses sputtering process on said transparent substrate, and is formed continuously including a process which said thin film uses sputtering process on said transparent substrate, and is formed continuously, A transparent substrate is carried in to a sputtering chamber and a thin film for forming a pattern in said sputtering chamber is formed, By performing a series of processes that a transparent substrate after membrane formation is taken out from said sputtering chamber, one by one to two or more substrates, and performing carrying in and taking out of the transparent substrate at intervals of approximately regulated, A manufacturing method of a photo mask blank excepting even the 5th [ at least ] sheet from the 1st membrane formation start among photo mask blanks obtained in said process including a process of making membrane formation time regularity between blanks of two or more sheets.

[Claim 4]The manufacturing method according to claim 3, wherein a thin film for forming

said pattern is a phase shifting layer and said photo mask blank is a phase shift mask blank.

[Claim 5]The manufacturing method according to claim 3, wherein a thin film for forming said pattern is a phase shifting layer of optical semi transmission nature and said photo mask blank is a half tone type phase shift mask blank.

[Claim 6]In a manufacturing method of a photo mask blank which has a thin film for forming a pattern at least on a transparent substrate, A manufacturing method of a photo mask blank forming membranes by carrying out sputtering of the target which counters a position from which the medial axis shifted [ medial axis / of said substrate ] in said thin film while rotating said substrate.

[Claim 7]The manufacturing method according to claim 6, wherein this target and a substrate are arranged so that a field where said substrate and a target counter may have a predetermined angle.

[Claim 8]The manufacturing method according to claim 6 or 7 forming membranes by carrying out integer time rotation of the transparent substrate before an end of membrane formation from a start of membrane formation.

[Claim 9]The manufacturing method according to any one of claims 6 to 8, wherein a thin film for forming said pattern is a phase shifting layer and said photo mask blank is a phase shift mask blank.

[Claim 10]The manufacturing method according to claim 9, wherein dispersion within a field of a phase angle of said phase shifting layer is less than  $2^\circ$ .

[Claim 11]The manufacturing method according to any one of claims 6 to 10, wherein a thin film for forming said pattern is a phase shifting layer of optical semi transmission nature and said photo mask blank is a half tone type phase shift mask blank.

[Claim 12]The manufacturing method according to claim 11 with which dispersion within a field of a phase angle of a phase shifting layer of said optical semi transmission nature is characterized by dispersion within less than  $2^\circ$  and a field of transmissivity being less than 4%.

[Claim 13]Metal formed when a phase shifting layer of said optical semi transmission nature carried out sputtering of the target which consists of metal and silicon in atmosphere containing nitrogen, The manufacturing method according to claim 11 or 12 which is a film which contains silicon and nitrogen as a main constituent, and is characterized by being formed so that content of nitrogen in a phase shifting layer of said optical semi transmission nature may become larger than silicon.

[Claim 14]A photo mask manufacturing by patterning after a thin film in the photo mask blank according to any one of claims 1 to 13.

[Claim 15]A pattern transfer method performing pattern transfer using the photo mask according to claim 14.

[Claim 16]A load lock mechanism which introduces one substrate at a time, and a substrate transporting mechanism which introduces one substrate at a time from a load lock chamber

at a fixed interval to a sputtering chamber, A manufacturing installation of a photo mask blank having at least a sputtering chamber which forms membranes on a substrate, and an unloading locking mechanism which discharges one substrate at a time from a sputtering chamber.

[Claim 17]A manufacturing installation of a photo mask blank characterized by comprising the following.

A substrate mounting base which has a rolling mechanism.

A target which counters a position from which the medial axis shifted [ medial axis / of a substrate ].

[Claim 18]The manufacturing installation according to claim 17, wherein this target and a substrate are arranged so that a field where said substrate and a target counter may have a predetermined angle.

[Claim 19]resembling either characterized by comprising the following of claims 16-18 -- a manufacturing installation of a half tone type phase shift mask blank of a statement.

A means to detect a rotary place of a substrate.

A means which turns OFF (end of membrane formation) discharge when a substrate comes to the same rotation angle position as a time of a substrate carrying out integer time rotation and turning ON discharge clitteringly a time (membrane formation start) of turning ON discharge.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application]Especially this invention relates to a phase shift mask blank manufacturing method, a manufacturing installation, etc. suitable for an ArF excimer laser and F<sub>2</sub> excimer laser.

[0002]

[Description of the Prior Art]Reservation of high-resolution-izing which is the two important characteristics required of photo lithography, and the depth of focus has an opposite relation in recent years, It was shown clearly that usable resolution could not be improved only by a raise in NA of the lens of an exposure device and short wavelength formation (the monthly Semiconductor World with 1990.12 and an applied physics of volume [ 60th ] November [ the ] item (1991) etc.).

[0003]Under such a situation, as next-generation photolithography technology, the phase shift lithography attracts attention and is put in practical use in part. A phase shift lithography is a method which does not add change to an optical system but raises the resolution of optical lithography by change of only a mask.

It enables it to improve resolution by leaps and bounds by giving phase contrast between the exposing light which penetrates a photo mask using interference between the transmitted lights.

A phase shift mask is a mask which has light intensity information and topology simultaneously.

The various types of the Levenson (Levenson) type, an auxiliary pattern type, a self-align type (edge enhancement type), etc. are known.

Compared with the conventional photo mask which has only light intensity information, these phase shift masks have complicated composition, and manufacture also takes advanced art to them.

[0004]As one of the phase shift mask of this, the phase shift mask called what is called a halftone type phase shift mask is developed in recent years. Since a this half-tone type

phase shift mask will have two functions of the shielding function which intercepts exposing light substantially, and the phase shifting function to which the phase of light is shifted (it is usually reversed), an optical semi transmission part, It is not necessary to form independently a light-shielding film pattern and a phase shifting layer pattern, and has the feature that composition is simple and manufacture is also easy. Although the mask pattern is processed according to the dry etching process in the halftone phase shift mask, In the method of realizing a shielding function and a phase shifting function in a separate layer, it needs to be controlled advanced for acquiring good pattern shape about both the layer which has a shielding function, and a layer with a phase shifting function. Since a single etching process can be used by constituting the optical semi transmission part of the monolayer which combines a shielding function and a phase shifting function to it, it is possible to be able to simplify the manufacturing process of a mask and to acquire good pattern shape easily.

[0005]The light transmission section (transparent substrate exposed part) 200 which makes the light of the intensity which contributes substantially the mask pattern formed on the transparent substrate 100 to exposure as a half-tone type phase shift mask is shown in drawing 10 penetrate, It constitutes from the optical semi transmission part (shade part and phase shifter part) 300 which makes the light of the intensity which does not contribute to exposure substantially penetrate (the figure (a)), By making it become the relation which the phase of the light which shifted the phase of the light which penetrates this optical semi transmission part, and penetrated the optical semi transmission part reversed substantially to the phase of the light which penetrated the light transmission section, and (said figure (b)), The light which passes through the neighborhood of a boundary part of an optical semi transmission part and a light transmission section, and turned to the partner's field mutually by diffraction phenomena denies mutually, and it is made to suit, it makes light intensity in a boundary part zero mostly, and raises (the figure (c))., the contrast, i.e., the resolution, of a boundary part

[0006]By the way, half-tone [ which was mentioned above ] type a phase shift mask and the optical semi transmission part which can be set blank, and the optical diffusion shell (phase shift layer) need to have the optimal value demanded about the both sides of light transmittance and a phase shifting amount. In exposure wavelengths, such as (1) i line, a KrF excimer laser, and an ArF excimer laser, transmissivity can specifically be adjusted in 3 to 20% of range, (2) Having [ usually ]-in wavelength, such as adjusting [ usually / to the value of about 180 degrees / a phase angle ]-in said exposure wavelength, 257-nm [ which is (3) inspection wavelengths ], 266-nm, 364-nm, and 488 nm,-transmissivity which can inspect 65% or less \*\* is required.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]However, the wavelength of the laser used for exposure from i line (365 nm) or a KrF excimer laser (248 nm). In a conventional halftone type phase shift mask mentioned above and a manufacturing method for the same, the

problem as shown below has arisen as short wavelength formation is carried out to an ArF excimer laser (193 nm). Namely, if there are a phase angle between the BURANKUSU and within a field and dispersion of transmissivity when mass-producing a phase shift mask blank, In [ the yield is bad and ] MASUKUBU Ranks especially for short wavelength, such as ArF and F<sub>2</sub> excimer laser, In the phase angle between BURANKUSU in the conventional i line and MASUKUBU Ranks for KrF excimer lasers, and within a field, and dispersion of transmissivity, since dispersion was large and the yield was also bad, there was a problem that it could not \*\*\*\*\* as it is.

[0008]This invention was made under the background mentioned above, can reduce the phase angle between \*\* and BURANKUSU, and dispersion of transmissivity as much as possible, and sets offer of the manufacturing method of the good phase shift mask blank of the yield, etc. as the first purpose. The phase angle within the field of BURANKUSU and dispersion of transmissivity can be reduced as much as possible, and offer of the manufacturing method of the good phase shift mask blank of the yield, etc. is set as the second purpose. The phase angle between BURANKUSU and dispersion of transmissivity can be reduced as much as possible, and offer of the manufacturing installation of the phase shift mask blank which can manufacture the yield well, etc. is set as the third purpose. The phase angle within the field of BURANKUSU and dispersion of transmissivity can be reduced as much as possible, and offer of the manufacturing installation of the phase shift mask blank which can manufacture the yield well, etc. is set as the fourth purpose.

[0009]

[Means for Solving the Problem]To achieve the above objects, this invention has the following composition.

[0010](Composition 1) On a transparent substrate, a phase shift mask blank which has a phase shifting layer at least in a method of manufacturing continuously two or more sheets said method, A manufacturing method of a phase shift mask blank which includes a process which a phase shifting layer uses sputtering process on a transparent substrate, and is formed continuously and with which dispersion in a phase angle of a phase shifting layer between said blanks of two or more sheets is characterized by being less than \*\*2 degrees.

[0011](Composition 2) On a transparent substrate, a half tone type phase shift mask blank which has the optical diffusion shell at least in a method of manufacturing continuously two or more sheets said method, A process which optical diffusion shell uses sputtering process on a transparent substrate, and is formed continuously is included, A manufacturing method of a half tone type phase shift mask blank, wherein a phase angle of optical diffusion shell between said half tone type phase shift mask blanks of two or more sheets and dispersion of transmissivity are less than \*\*2 degrees and less than \*\*4%, respectively.

[0012](Composition 3) In a method of manufacturing continuously two or more sheets, a

photo mask blank which has a thin film for forming a pattern at least on a transparent substrate said method, A process which said thin film uses sputtering process on said transparent substrate, and is formed continuously including a process which said thin film uses sputtering process on said transparent substrate, and is formed continuously, A transparent substrate is carried in to a sputtering chamber and a thin film for forming a pattern in said sputtering chamber is formed, By performing a series of processes that a transparent substrate after membrane formation is taken out from said sputtering chamber, one by one to two or more substrates, and performing carrying in and taking out of the transparent substrate at intervals of approximately regulated, A manufacturing method of a photo mask blank excepting even the 5th [ at least ] sheet from the 1st membrane formation start among photo mask blanks obtained in said process including a process of making membrane formation time regularity between blanks of two or more sheets.

[0013](Composition 4) Manufacturing method given in the composition 3, wherein a thin film for forming said pattern is a phase shifting layer and said photo mask blank is a phase shift mask blank.

[0014](Composition 5) Manufacturing method given in the composition 3, wherein a thin film for forming said pattern is a phase shifting layer of optical semi transmission nature and said photo mask blank is a half tone type phase shift mask blank.

[0015](Composition 6) In a manufacturing method of a photo mask blank which has a thin film for forming a pattern at least on a transparent substrate, A manufacturing method of a photo mask blank forming membranes by carrying out sputtering of the target which counters a position from which the medial axis shifted [ medial axis / of said substrate ] in said thin film while rotating said substrate.

[0016](Composition 7) Manufacturing method given in the composition 6, wherein this target and a substrate are arranged so that a field where said substrate and a target counter may have a predetermined angle.

[0017](Composition 8) Manufacturing method the composition 6 forming membranes by carrying out integer time rotation of the transparent substrate before an end of membrane formation from a start of membrane formation, or given in 7.

[0018](Composition 9) Manufacturing method given in either of the composition 6-8 of that it is characterized by a thin film for forming said pattern being a phase shifting layer, and said photo mask blank being a phase shift mask blank.

[0019](Composition 10) Manufacturing method given in the composition 9 for which dispersion within a field of a phase angle of said phase shifting layer is characterized by being less than  $2^{\circ}$  degrees.

[0020](Composition 11) Manufacturing method given in either of the composition 6-10 of that it is characterized by a thin film for forming said pattern being a phase shifting layer of optical semi transmission nature, and said photo mask blank being a half tone type phase shift mask blank.

[0021](Composition 12) Manufacturing method given in the composition 11 for which



dispersion within a field of a phase angle of a phase shifting layer of said optical semi transmission nature is characterized by dispersion within less than  $2^\circ$  and a field of transmissivity being less than 4%.

[0022](Composition 13) Metal formed when a phase shifting layer of said optical semi transmission nature carried out sputtering of the target which consists of metal and silicon in atmosphere containing nitrogen, A manufacturing method the composition 11 which is a film which contains silicon and nitrogen as a main constituent, and is characterized by being formed so that content of nitrogen in a phase shifting layer of said optical semi transmission nature may become larger than silicon, or given in 12.

[0023](Composition 14) Photo mask manufacturing by patterning after a thin film in a photo mask blank given in either of the composition 1-13.

[0024](Composition 15) Pattern transfer method carrying out pattern transfer to the composition 14 using a photo mask of a statement.

[0025](Composition 16) A load lock mechanism which introduces one substrate at a time, and a substrate transporting mechanism which introduces one substrate at a time from a load lock chamber at a fixed interval to a sputtering chamber, A manufacturing installation of a photo mask blank having at least a sputtering chamber which forms membranes on a substrate, and an unloading locking mechanism which discharges one substrate at a time from a sputtering chamber.

[0026](Composition 17) Manufacturing installation of a photo mask blank having a substrate mounting base which has a rolling mechanism, and a target which counters a position from which the medial axis shifted [ medial axis / of a substrate ].

[0027](Composition 18) Manufacturing installation given in the composition 17, wherein this target and a substrate are arranged so that a field where said substrate and a target counter may have a predetermined angle.

[0028](Composition 19) A means which turns OFF (end of membrane formation) discharge when a substrate comes to a means to detect a rotary place of a substrate, and the same rotation angle position as a time of a substrate carrying out integer time rotation and turning ON discharge clitteringly a time (membrane formation start) of turning ON discharge, resembling either of the composition 16-18 of that it is characterized by  $\theta$  (deg) -- a manufacturing installation of a half tone type phase shift mask blank of a statement.

[0029]

[Function]According to the above-mentioned composition 1 and 2, the phase angle of the light [ dispersion / in the phase angle of the phase shifting layer between phase shift mask blanks ] diffusion shell between  $2^\circ$  or a half tone type phase shift mask blank and dispersion of transmissivity, Since it is less than  $2^\circ$  and less than 4%, respectively, mass production utilization of manufacture of the phase shift mask for short wavelength, such as ArF and  $F_2$  excimer laser, is realizable. If this range is exceeded, mass production utilization of manufacture of the phase shift mask for short wavelength,

such as an ArF and  $F_2$  excimer laser, is difficult. In for KrF excimer lasers, also in the actual condition, it is usable, but. the one where the phase angle of the optical diffusion shell between mask blanks and dispersion of transmissivity are smaller -- good -- better -- it can come out and the invention of the composition 1 and two statements can be applied also to the phase shift mask blank for KrF excimer lasers.

[0030]the membrane characteristics [ according to the above-mentioned composition 3-5 ] (transmissivity (OD).) in a photo mask blank Can stop dispersion between blanks, such as thickness, and the phase angle of the light [ dispersion / in the phase angle of the phase shifting layer especially between phase shift mask blanks ] diffusion shell between \*\*2 degrees or a half tone type phase shift mask blank and dispersion of transmissivity, Manufacture of the phase shift mask which are less than \*\*2 degrees and less than \*\*4%, respectively is realizable.

[0031]the membrane characteristics [ according to the above-mentioned composition 6-12 ] (transmissivity (OD).) in a photo mask blank Can stop dispersion within fields, such as thickness, and the phase angle of the light [ dispersion / in the phase angle of the phase shifting layer especially within the field of a phase shift mask blank ] diffusion shell within \*\*2 degrees or the field of a half tone type phase shift mask blank and dispersion of transmissivity, Since the phase shift mask blank which are less than \*\*2 degrees and less than \*\*4%, respectively is realizable, utilization of the phase shift mask for short wavelength, such as ArF and  $F_2$  excimer laser, is realizable. If this range is exceeded, utilization of the phase shift mask for short wavelength, such as ArF and  $F_2$  excimer laser, is difficult. In for KrF excimer lasers, also in the actual condition, it is usable, but. the one where the phase angle of the optical diffusion shell within the field of a mask blank and dispersion of transmissivity are smaller -- good -- better -- it can come out and the invention of six to composition 12 statement can be applied also to the phase shift mask blank for KrF excimer lasers.

[0032]According to the above-mentioned composition 13, it becomes possible to stop dispersion in a phase angle further.

[0033]According to the above-mentioned composition 14, the photo mask which stopped dispersion between masks or within a mask surface can be obtained.

[0034]According to the above-mentioned composition 15, outstanding minute pattern processing is attained.

[0035]the membrane characteristics [ according to the device of the above-mentioned composition 16-19 ] (transmissivity (OD).) in a photo mask blank The phase shift mask blank whose dispersion of the phase angle of the phase shifting layer [ can stop dispersion between blanks, such as thickness, or within a field, and ] between phase shift mask blanks or within a field especially is less than \*\*2 degrees, The phase angle of the optical diffusion shell between half tone type phase shift mask blanks or within a field and dispersion of transmissivity can realize manufacture of the phase shift mask blank which are less than

\*\*2 degrees and less than \*\*4%, respectively.

[0036]This invention is explained in detail below.

[0037]The following things were understood as a result of advancing research, in order to attain the purpose mentioned above. It is a functional overlay important point that the phase angle and transmissivity of an optical semi transmission part are adjusted to the desired value in the halftone phase shift mask. the error span of a phase angle and transmissivity -- the change between BURANKUSU (dispersion between BURANKUSU), and BURANKUSU -- internal division -- cloth (dispersion within a field) -- about \*\*2 degrees and about \*\*4 degrees are both required, respectively. As a factor which changes a phase angle and transmissivity, the membrane formation procedure of (1) light diffusion shell, the performance of the sputtering system which forms (2) light diffusion shell, and the construction material of (3) light diffusion shell are mentioned.

[0038](1) Explain in detail the membrane formation procedure which forms the optical diffusion shell. When deciding on the membrane formation time of the optical diffusion shell by a start and end of sputtering, It is effective in the change between BURANKUSU of a phase angle and transmissivity (dispersion between BURANKUSU) being less than \*\*2 degrees and less than \*\*4 degrees, respectively (improvement in reproducibility) to make regularity the interval from the end of sputtering to the next sputtering start. A sputtering phenomenon changes the temperature and the surface state of a target or a shield, and also changes the degree of vacuum in a vacuum chamber simultaneously. If intermittent sputtering whose interval from the end of sputtering to the next sputtering start is not constant is performed like before, the state of a target or a shield will change every moment. Like this invention, if the interval, the sputtering time, and the sputtering condition from the end of sputtering to the next sputtering start are always fixed, in production number of sheets, change of a phase angle and transmissivity will become small henceforth [ in five to ten sheets ]. That is, it is possible for it to be stabilized and to manufacture half-tone phase shift MASUKUBU Ranks with little change of a phase angle and transmissivity by forming the optical diffusion shell continuously with a constant interval, and excepting the 5 thru/or 10th sheet or before from a start. A phase angle and dispersion between BURANKUSU of transmissivity are able to specifically stabilize for him and manufacture half-tone phase shift MASUKUBU Ranks who is less than \*\*2 degrees and less than \*\*4 degrees, respectively.

[0039]In order to realize this process, the equipment configuration which establishes the load lock mechanism which can always hold the vacuum chamber (sputtering chamber) which performs sputtering as shown in drawing 1 to a high vacuum state, is a fixed interval and can perform continuously substrate introduction to a sputtering chamber from a load lock chamber is required. For the purpose, moreover, it is necessary to establish the load lock mechanism which dares to introduce one substrate at a time, and to design the capacity of a load lock chamber to the capacity which can perform continuously substrate introduction to a sputtering chamber from a load lock chamber at a fixed interval. Although

it is a method (or in-line method) which sets about ten substrates in a load lock chamber from a viewpoint of a throughput in conventional half-tone phase shift MASUKUBU Ranks's manufacturing installation, Since it takes time to make the inside of a load lock chamber into a predetermined degree of vacuum in this method since the capacity of a load lock chamber is large and membrane formation is not performed within a sputtering chamber in the meantime, When forming membranes by completing all the membrane formation and setting the following cassette in a load lock chamber, substrate introduction to a sputtering chamber is not continuously performed at a fixed interval. Under the present circumstances, all that matters further is that membrane formation by a sputtering chamber is not stabilized, but dispersion between BURANKUSU of a phase angle or transmissivity is large about 5-10 sheets of the beginning, and the yield is bad, if substrate introduction to a sputtering chamber is not continuously performed at a fixed interval.

[0040]In drawing 1, the atmosphere, the valve 12 which isolates the load lock chamber 11, and the valve 14 which isolates the load lock chamber 11 and the sputtering chamber 13 are attached to the load lock chamber 11. What was moreover designed by predetermined capacity by single wafer processing which can perform continuously substrate introduction to the sputtering chamber explained above at a fixed interval as the load lock chamber 11 is provided. The sputtering chamber 13 has a function equivalent to the vacuum chamber which performs sputtering as shown in drawing 2 mentioned later. When performing substrate introduction to the sputtering chamber 13 in a robot arm, the \*\*\*\* room 15 may be formed between the sputtering chamber 13 and the load lock chamber 11. The robot arm 19 can move the hand 19b in the direction of graphic display B, when the arm 19a opens and closes in the direction of graphic display A, and the robot arm 19 can rotate in the direction of graphic display C, and the robot arm 19 has further composition which can move to a sliding direction to space. In order to raise the throughput of membrane formation, the above-mentioned load lock chamber 11 and the unloading lock chamber 16 which has the same composition may be added. An example of the process of forming the optical diffusion shell on a transparent substrate is explained using drawing 1.

- 1) Perform a vent and make the inside of the load lock chamber 11 into atmospheric pressure, after closing the valve 14.
- 2) Open the valve 12 and introduce one transparent substrate in the load lock chamber 11.
- 3) Close the valve 12 and exhaust the load lock chamber 11.
- 4) After the load lock chamber 11 reaches a predetermined degree of vacuum, open the valve 14 and move a transparent substrate to the sputtering chamber 13.
- 5) Form the optical diffusion shell by the sputtering chamber 13 using the composition shown in drawing 2 mentioned later.
- 6) After the end of membrane formation of the optical diffusion shell, open the valve 17 and move a substrate to the unloading lock chamber 16. At this time, the unloading lock chamber 16 needs to be exhausted to a predetermined degree of vacuum.
- 7) Perform a vent and make an unloading lock chamber into atmospheric pressure, after

closing the valve 17.

8) Open the valve 18 and take out a substrate.

By the time membrane formation of the optical diffusion shell in the sputtering chamber 13 is completed and a substrate is moved to the unloading lock chamber 16 from the sputtering chamber 13, even the above-mentioned processes 1-4 will be terminated, and the following substrate is made to stand by to the load lock chamber 11. If the last membrane formation is completed and a substrate is moved to the unloading lock chamber 6 from the sputtering chamber 13, the transparent substrate made to stand by will be moved to the sputtering chamber 13, and the optical diffusion shell will be formed succeedingly. By such a process, formation of the optical diffusion shell is attained continuously (continuous) at a fixed interval except for the time of the maintenance of a device, etc.

[0041](2) Next, explain in detail the performance of the sputtering system which forms the optical diffusion shell. Since time to perform gas pressure at the time of sputtering which forms the optical diffusion shell, output of the DC power supply for sputtering, and sputtering affects transmissivity and a phase angle directly, The precision improvement of the setpoint signal sent from a gas flow rate controller, and the precision improvement and the controller of a DC power supply and other apparatus is required. The mechanism in which the opening of exhaust air ROBARUBU and the position of a shield can be determined correctly is also required for the gas pressure at the time of sputtering in order to receive influence also in the exhaust air conductance of a device. Concrete control precision is mentioned later. In the film containing silicon nitride, since gas, such as moisture generated from a vacuum-chamber wall, has big influence on a membranous optical property, it is required to form the mechanism which equips with the pump which can fully exhaust the inside of a vacuum chamber, and can bake a vacuum-chamber wall. When membrane formation speed is 10 nm/min, when membrane formation speed is 5 nm/min, below  $1 \times 10^{-5}$  pa is [ below  $2 \times 10^{-5}$  pa ] required for the degree of vacuum in a vacuum chamber in general. further -- BURANKUSU of a phase angle and transmissivity -- internal division -- in order to suppress cloth (dispersion within a field) within less than \*\*2 degrees and \*\*4 degrees, respectively, while forming membranes, rotating a transparent substrate, it is required to form membranes by carrying out integer time rotation of the transparent substrate before the end of membrane formation from the start of membrane formation. By for the purpose, the sensor which detects the rotation angle position of a substrate, for example. When a substrate comes to the same rotation angle position as the time of having carried out the substrate rotation angle detecting position at the time of turning ON discharge (membrane formation start), and a substrate carrying out integer time rotation and turning ON discharge by this sensor further, it is required to have a mechanism which turns OFF (end of membrane formation) discharge.

[0042]The distribution within a phase angle and the field of transmissivity changes also with the physical relationship of a substrate and a target. The physical relationship of a target

and a substrate is explained using drawing 8. Offset distance (distance between the medial axis of a substrate and a straight line parallel to the medial axis of said substrate through the center of a target) is adjusted with the area which should secure distribution of a phase angle and transmissivity. When the area which should generally secure distribution is large, a required offset distance becomes large. Like this example, in order to realize less than  $^{**}2$  degrees of phase angle distribution, and less than  $^{**}4$  degrees of transmissivity distribution within the substrate of 152 mm squares, 200 to about 350 mm is required for offset distance, and a desirable offset distance is 240 mm to 280 mm. Although the optimal range changes with offset distance, the vertical distance (T/S) between target substrates, In order to realize less than  $^{**}2$  degrees of phase angle distribution, and less than  $^{**}4$  degrees of transmissivity distribution within the substrate of 152 mm squares, 200 to about 380 mm is required for the vertical distance (T/S) between target substrates, and desirable T/S is 210 mm to 300 mm. In order for a target angle of inclination to influence membrane formation speed and to obtain a big membrane formation speed, 0 to 45 degrees is suitable for a target angle of inclination, and a desirable target angle of inclination is 10 degrees to 30 degrees. When changing offset distance to drawing 9, the maximum of T/S and the minimum of T/S which can realize less than  $^{**}2$  degrees of phase angle distribution and less than  $^{**}4$  degrees of transmissivity distribution within the substrate of 152 mm squares are shown.

[0043](3) Next, the construction material of the optical diffusion shell explains in detail the influence which it has on a phase angle and transmissivity. The phase angle of the optical diffusion shell and transmissivity change with the degrees of membrane formation speed and nitriding. Although the degree of membrane formation speed and nitriding receives influence in the nitrogen partial pressure under sputtering, in the state, nitriding [ the optical diffusion shell ] thoroughly, the influence of the nitrogen partial pressure under sputtering becomes small. Change of nitrogen partial pressure is able to make small influence which it has on an optical property by adjusting the amount of nitrogen flow introduced during sputtering so that the content of the nitrogen measured by ESCA may become larger than silicon in the metal silicide film [ nitriding / the metal silicide film ]. if this method is used -- the field of a phase angle and transmissivity -- internal division -- it is also simultaneously possible to make cloth small. When adding oxygen simultaneously with nitrogen during sputtering, a phase angle and transmissivity will be greatly influenced by the flow rate change of oxygen, but at least about the influence of the flow rate change of nitrogen, it can lessen by the above-mentioned method.

[0044]With the photo mask blank in the composition of this invention, light-shielding films (the chromium compound which contains oxygen, nitrogen, carbon, etc. in chromium or chromium, other chromium compounds, etc.), the phase shifting layer in a phase shift mask blank, etc. are included also in a photo mask. In the phase shift mask blank in the composition of this invention, It is the purpose that dispersion not only in a half tone type phase shift mask blank but a phase angle shall be less than  $^{**}2$  degrees, and the Levenson

type, an auxiliary pattern type, a self-align type (edge enhancement type), etc. can be applied also to the blank for manufacturing other phase shift masks, for example.

[0045]

[Example] Hereafter, it explains still in detail about the example of this invention. Using DC magnetron sputtering system explained by above-mentioned drawing 1, with the constant interval, continuation membrane formation was carried out and it produced one sheet at a time the half-tone type phase shift MASUKUBU Ranks 200 sheet for ArF excimer lasers (193 nm). The mixed target (Mo:Si=8:92-mol%) of molybdenum (Mo) and silicon (Si) is specifically used, In the mixed gas atmosphere (Ar:N<sub>2</sub>=10%:90%, a pressure: 0.1 Pa) of argon (Ar) and nitrogen (N<sub>2</sub>). By reactive sputtering (DC sputtering), the thin film (about 670 Å of thickness) of the molybdenum [ nitriding / molybdenum / on the transparent substrate ], and silicon (MoSiN) is formed, an ArF excimer laser (wavelength of 193 nm) -- business -- the phase shift mask blank (film composition: Mo:Si:N=7:45:48) was obtained.

[0046] Here, the sputtering chamber 3 in DC magnetron sputtering equipment shown in drawing 1 has the vacuum chamber 1, as shown in drawing 2.

The magnetron cathode 2 and the substrate holder 3 are arranged inside this vacuum chamber 1.

The magnetron cathode 2 is equipped with the sputtering target 5 adhered to the back up plate 4. In the example, anoxia steel is used for the back up plate 4, and indium is used for adhesion of the sputtering target 5 and the back up plate 4. The back up plate 4 is cooled directly or indirectly by the water cooling system. The magnetron cathode 2, the back up plate 4, and the sputtering target 5 are combined electrically. The substrate holder 3 is equipped with the transparent substrate 6. In this example, as the sputtering target 5 and the substrate 6 in drawing 2 showed drawing 8, the device of composition of that the target and the substrate are arranged was used so that the field where a substrate and a target counter might have a predetermined angle. In this case, 340 mm and the vertical distance (T/S) between target substrates were 380 mm, and the offset distance of a sputtering target and a substrate made the target angle of inclination 15 degrees. The vacuum chamber 1 is exhausted by the vacuum pump via the exhaust port 7. After reaching to the degree of vacuum which does not influence the characteristic of the film which the atmosphere in a vacuum chamber forms, the mixed gas which contains nitrogen from the gas inlet 8 is introduced, negative voltage is applied to the magnetron cathode 2 using DC power supply 9, and sputtering is performed. DC power supply 9 has an arc detection function, and can supervise the discharge state under sputtering. The pressure of vacuum-chamber 1 inside is measured by the pressure gauge 10. The transmissivity of the optical diffusion shell formed on a transparent substrate is adjusted with the kind and the mixture ratio of gas which are introduced from the gas inlet 8. When mixed gas is argon and nitrogen, transmissivity rises by enlarging the ratio of nitrogen. Only by adjusting the ratio of nitrogen, when desired transmissivity is not obtained, it is possible to raise transmissivity further by



adding oxygen to the mixed gas containing nitrogen. The phase angle of the optical diffusion shell was adjusted with sputtering time, and the phase angle in an exposure wavelength adjusted it to about 180 degrees.

[0047]About phase shift MASUKUBU Ranks (size: 15.2-cm angle) of 200 sheets obtained by the evaluation above of dispersion between blanks, a phase angle and dispersion between BURANKUSU of transmissivity were investigated. The result is shown in drawing 3. Drawing 3 shows that a phase angle and dispersion between BURANKUSU of transmissivity can stabilize for him and manufacture half-tone phase shift MASUKUBU Ranks who is less than \*\*2 degrees and less than \*\*4 degrees, respectively henceforth [ the 3rd sheet ]. Even if attached by the 200th sheet from the 11th sheet or subsequent ones, it checked that a phase angle and dispersion between BURANKUSU of transmissivity were less than \*\*2 degrees and less than \*\*4 degrees, respectively. In this case, about a phase angle and transmissivity, the yield is 100%.

[0048]In Example 1, 200 BURANKUSU was produced like Example 1 except having opened the sputtering chamber on the way (the 190th sheet) for the maintenance, and a phase angle and dispersion between BURANKUSU of transmissivity were investigated. The result is shown in drawing 4. If the device of this invention is used, several sheets of the beginning and 5 immediately after sputtering chamber opening will be removed from drawing 4, A phase angle and dispersion between BURANKUSU of transmissivity can stabilize for him and manufacture half-tone phase shift MASUKUBU Ranks who is less than \*\*2 degrees and less than \*\*4 degrees, respectively, and it turns out about a phase angle and transmissivity that the yield is 100%.

[0049]Although half-tone phase shift MASUKUBU Ranks was manufactured using the manufacturing installation of the method which sets about ten substrates in the conventional load lock chamber, and an in-line method, It was difficult for a phase angle and dispersion between BURANKUSU of transmissivity to store in less than \*\*2 degrees and less than \*\*4 degrees, respectively in any case, and the yield was also bad.

[0050]In Example 1, while forming membranes, rotating a transparent substrate, membranes were formed by having carried out integer time rotation of the transparent substrate before the end of membrane formation from the start of membrane formation, and a phase angle and dispersion within a field of transmissivity were investigated. The result checked that a phase angle and dispersion within a field of transmissivity could stabilize for him and manufacture half-tone phase shift MASUKUBU Ranks who is less than \*\*2 degrees and less than \*\*4 degrees, respectively.

[0051]The following thing was understood in the above-mentioned example. As shown in drawing 5, in order to hold down dispersion in a phase angle to the range of about 180 degrees - about 172 degrees, It turns out that it is necessary to control the electric power (power) of a DC power supply in about 1.77 kW - about 1.825 kW (they are about 1.82 kW - about 1.81 kW preferably in order to hold down dispersion in a phase angle to the range of about 180 degrees - about 178 degrees). Therefore, change of the electric power (power)



of a DC power supply needs to hold down to  $\pm 0.5\%$  of a center value. Similarly, in order to stop dispersion in a phase angle and transmissivity from drawing 6, it turns out that it is necessary to control membrane formation time in the range for about 560 seconds - about 615 seconds (they are about 600 seconds - about 594 seconds preferably in order to hold down dispersion in a phase angle to the range of about 180 degrees - about 178 degrees). Therefore, change of membrane formation time needs to hold down to  $\pm 0.5\%$  of a center value. So that similarly the content of the nitrogen measured by ESCA in the metal silicide film [ nitriding / the metal silicide film ] may become larger than silicon in order to stop dispersion in a phase angle from drawing 7 and, In order for change of nitrogen partial pressure to make small influence which it has on an optical property by adjusting the amount of nitrogen flow introduced during sputtering, It turns out that it is necessary to control the amount of nitrogen flow in about 35 or more (they are about 35 sccm(s) - about 35.5 sccm(s) preferably in order to hold down dispersion in a phase angle to the range of about 180 degrees - about 178 degrees) sccm. The amount of nitrogen flow which can make small influence which change of nitrogen partial pressure has on an optical property changes with the exhaust performances and DC power of a device.

[0052]The phase angle within a field and dispersion of transmissivity were investigated about one in the phase shift mask blank obtained by the evaluation above of dispersion within a field. As a result, dispersion in a phase angle was less than (average value of 179.5 degrees, the range of 178.8 degrees - 180.3 degrees)  $\pm 0.8$  degrees in the range of the 132 mm squares except 10 mm of substrate peripheries. Dispersion in transmissivity was less than (6.16% of average value, 6.08% - 6.23% of range)  $\pm 1.3\%$ . When membranes were formed with the offset distance of 340 mm, the vertical distance (T/S) between target substrates of 400 mm, and the target angle of inclination of 15 degrees for comparison, dispersion in a phase angle was  $\pm 3.5$  degrees (average value of 178.8 degrees, the range of 175.3 degrees - 181.7 degrees). Transmissivity dispersion was  $\pm 8\%$  (6.07% of average value, 5.83% - 6.56% of range). When the target had been arranged in the substrate and the position which counters for comparison (the offset distance of 0 mm, target angle of inclination of 0 degree), dispersion in a phase angle was  $\pm 2.7$  degrees (average value of 179.8 degrees, the range of 177.1 degrees - 182.0 degrees) in the diameter  $\phi$  of a target of 16 inches. Transmissivity dispersion was  $\pm 4.2\%$  (6.19% of average value, 6.00% - 6.45% of range). Although offset distance is easy for the larger one to make dispersion within a field small, since the capacity of a vacuum chamber will become large if too large, the performance of evacuation gets worse, and membrane formation speed also becomes slow simultaneously. Dispersion within a field evaluated whether both the peak (an added part) to average value (center value) and a minimum score (a subtracted part) would be contained in the range of regular.

[0053]Although the desirable example was given above and this invention was explained, this invention is not limited to the above-mentioned example. For example, although molybdenum was used as metal which constitutes the optical diffusion shell, it is not limited

to this but a zirconium, titanium, vanadium, niobium, tantalum, tungsten, nickel, palladium, etc. can be used. Although the target which consists of molybdenum and silicon was used as a target containing metal and silicon, it is not limited to this. In the target containing metal and silicon, it excels in the point that especially molybdenum has large evaporation density when the sputtering target which contains the controllability, metal, and silicon of transmissivity in the above-mentioned metal is used, and particle in a film can be lessened. Although titanium, vanadium, and niobium are excellent in the endurance to an alkali solution, in target density, they are a little inferior to molybdenum. Although tantalum is excellent in the endurance and TA 1 evaporation density to an alkali solution, in the controllability of transmissivity, it is a little inferior to molybdenum. Although tungsten has the character just like molybdenum, in the discharge characteristic at the time of sputtering, it is a little inferior to molybdenum. Although nickel and palladium are excellent in the field of an optical property and the endurance to an alkali solution, dry etching is slightly difficult for them. Although the zirconium is excellent in the endurance to an alkali solution, in target density, it is inferior to molybdenum.

And dry etching is slightly difficult.

When these things are taken into consideration, molybdenum is the most preferred at present. The thin film (optical diffusion shell) of the molybdenum [ nitriding / molybdenum ], and silicon (MoSiN) has preferred molybdenum also at the point of excelling in chemical resistance, such as acid resistance and alkali resistance.

[0054]In order to obtain the thin film of the presentation with which it is satisfied of the various characteristics as a phase shift mask, securing the discharge stability at the time of membrane formation, It is preferred to form the optical diffusion shell containing nitrogen, metal, and silicon by carrying out DC magnetron sputtering of the target having contained 70-95-mol% of silicon, and metal in the atmosphere containing nitrogen. In [ if this has more silicon contents in a target than 95 mol% ] DC sputtering, It is because the film which constitutes the optical semi transmission part of the Takamitsu transmissivity will not be obtained if discharging becomes unstable and it is less than 70-mol%, since it becomes difficult to apply voltage on a target surface (erosion part) (it becomes difficult to pass along the electrical and electric equipment). It is because discharge stability improves further with the combination of nitrogen gas and DC sputtering. The discharge stability at the time of membrane formation also influences membraneous quality, and if excelled in discharge stability, the optical diffusion shell of good membraneous quality will be obtained.

[0055]

[Effect of the Invention]As explained above, according to this invention, the phase angle between BURANKUSU and dispersion of transmissivity can be reduced as much as possible, and the manufacturing method of the good phase shift mask blank of the yield can be provided. The phase angle within the field of BURANKUSU and dispersion of transmissivity can be reduced as much as possible, and the manufacturing method of the good phase shift mask blank of the yield can be provided. The phase angle between

BURANKUSU and dispersion of transmissivity can be reduced as much as possible, and the manufacturing installation of the phase shift mask blank which can manufacture the yield well can be provided. The phase angle within the field of BURANKUSU and dispersion of transmissivity can be reduced as much as possible, and the manufacturing installation of the phase shift mask blank which can manufacture the yield well can be provided.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is a figure for explaining the transfer principle of a halftone type phase shift mask.

[Drawing 2]It is a mimetic diagram of the sputtering chamber in DC magnetron sputtering system used in the example.

[Drawing 3]It is a figure showing the phase angle between BURANKUSU in an example, and dispersion of transmissivity.

[Drawing 4]It is a figure showing the phase angle between BURANKUSU in other examples, and dispersion of transmissivity.

[Drawing 5]It is a figure showing the relation between DC power and a phase angle.

[Drawing 6]It is a figure showing the relation between membrane formation time, a phase angle, and transmissivity.

[Drawing 7]It is a figure showing the relation between the amount of nitrogen flow, and a phase angle.

[Drawing 8]It is a mimetic diagram for explaining the physical relationship of a target and a substrate.

[Drawing 9]When changing offset distance, it is a figure showing the maximum of T/S and the minimum of T/S which can realize less than \*\*2 degrees of phase angle distribution, and less than \*\*4 degrees of transmissivity distribution.

[Drawing 10]It is a mimetic diagram for explaining the sputtering system of this invention.

[Description of Notations]

1 Vacuum chamber

2 Magnetron cathode

3 Substrate holder

4 Back up plate

5 Sputtering target

6 Transparent substrate

6a The portion holding a transparent substrate

7 Exhaust port  
8 Gas inlet  
9 DC power supply  
10 Pressure gauge 10  
11 Load lock chamber  
12 Valve  
13 Sputtering chamber  
14 Valve  
15 \*\*\*\* room  
16 Unloading lock chamber  
17 Valve  
18 Valve  
19 Robot arm  
100 Transparent substrate  
200 Light transmission section  
300 An optical semi transmission part

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

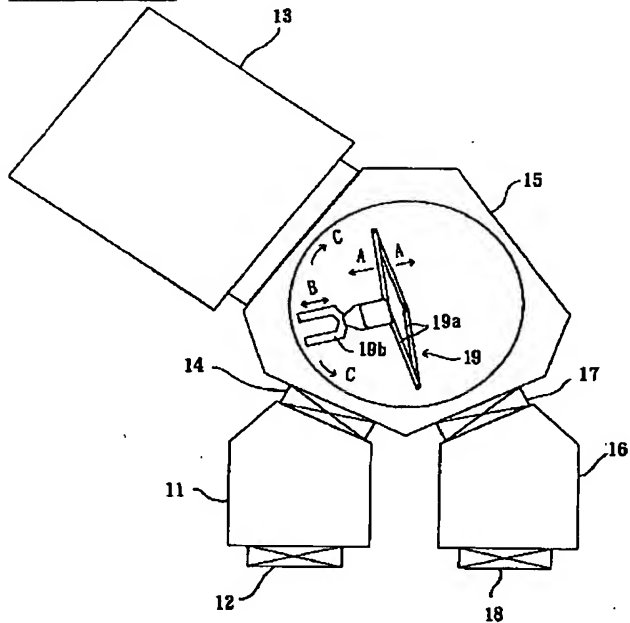
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

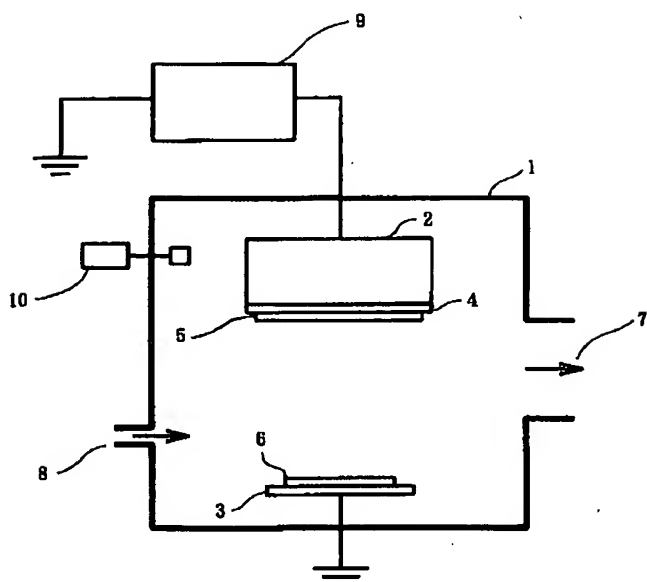
DRAWINGS

---

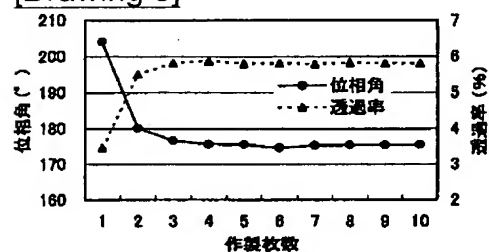
[Drawing 1]



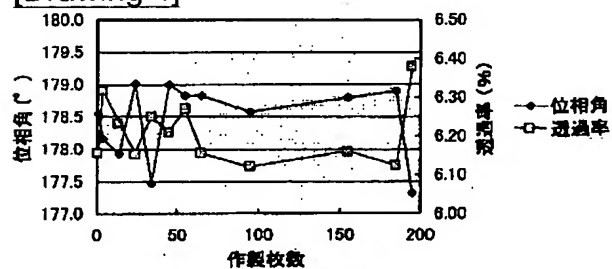
[Drawing 2]



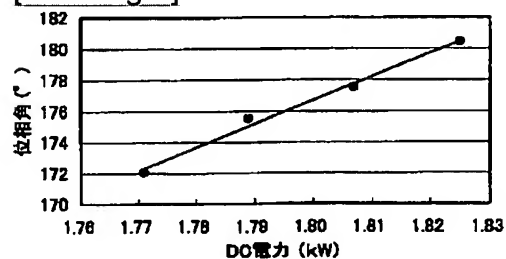
[Drawing 3]



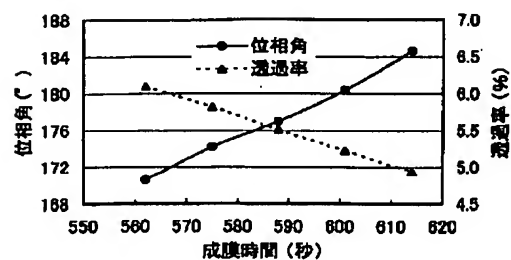
[Drawing 4]



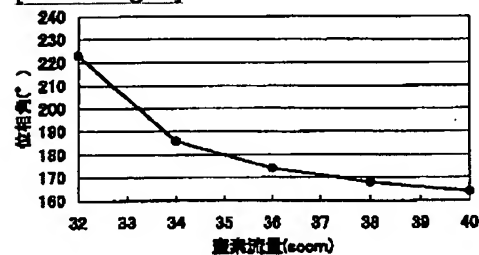
[Drawing 5]



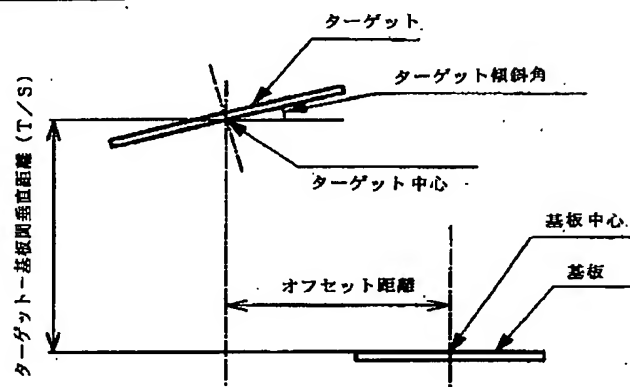
[Drawing 6]



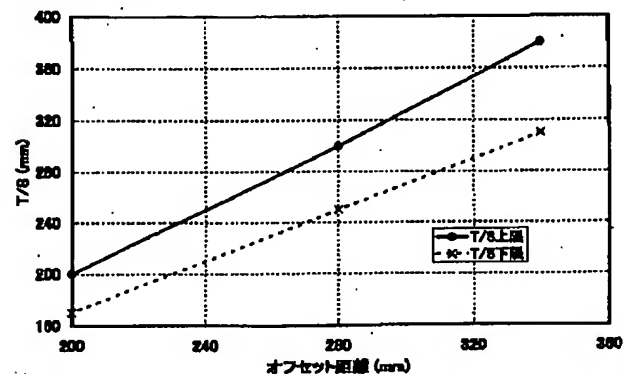
[Drawing 7]



[Drawing 8]

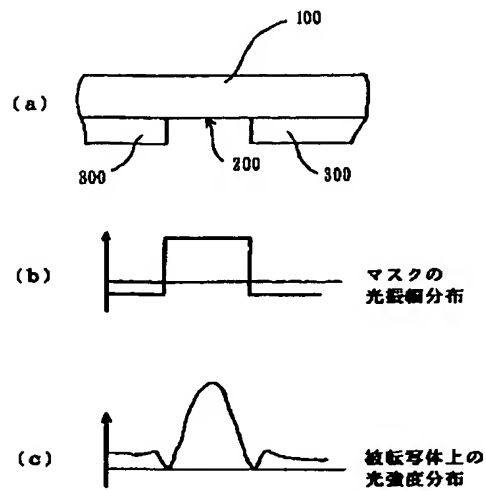


[Drawing 9]



[Drawing 10]





---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-90978  
(P2002-90978A)

(43) 公開日 平成14年3月27日 (2002.3.27)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
G 0 3 F 1/08		G 0 3 F 1/08	A 2 H 0 9 5 Z 4 K 0 2 9
C 2 3 C 14/06 14/34		C 2 3 C 14/06 14/34	K V C
審査請求 有 請求項の数19 O L (全 11 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-277354(P2000-277354)

(22) 出願日 平成12年9月12日 (2000.9.12)

(71) 出願人 000113263

ホーヤ株式会社

東京都新宿区中落合2丁目7番5号

(72) 発明者 野澤 順

東京都新宿区中落合2丁目7番5号 ホーヤ株式会社内

(72) 発明者 三ッ井 英明

東京都新宿区中落合2丁目7番5号 ホーヤ株式会社内

(74) 代理人 100103676

弁理士 藤村 康夫

Fターム(参考) 2H095 BA07 BB03 BB25 BB35

4K029 BA41 BC08 CA06 DC03 DC05

DC39 JA02 KA01 KA09

(54) 【発明の名称】 位相シフトマスクブランクの製造方法、及び位相シフトマスクブランクの製造装置

(57) 【要約】

【課題】 ブランク間における位相角及び透過率のばらつきを極力低減でき、歩留まりの良い位相シフトマスクブランクの製造方法等を提供する。

【解決手段】 透明基板上に薄膜がスパッタリング法を用いて連続的に成膜される工程は、透明基板がスパッタ室に搬入され、スパッタ室においてパターンを形成するための薄膜が形成され、スパッタ室から成膜後の透明基板が搬出される一連のプロセスが複数枚の基板に対して順次行われ、その透明基板の搬入と搬出とを略一定間隔で行うことによって、成膜時間を複数枚のブランク間で一定にする工程を含むことを特徴とする位相シフトマスクブランクの製造方法。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 透明基板上に、少なくとも位相シフト膜を有する位相シフトマスクブランクを、複数枚連続的に製造する方法において、

前記方法は、透明基板上に位相シフト膜がスパッタリング法を用いて連続的に成膜される工程を含み、前記複数枚のブランク間における位相シフト膜の位相角のばらつきが、 $\pm 2^\circ$ であることを特徴とする位相シフトマスクブランクの製造方法。

【請求項2】 透明基板上に、光半透過膜を有するハーフトーン型位相シフトマスクブランクを、複数枚連続的に製造する方法において、

前記方法は、透明基板上に光半透過膜がスパッタリング法を用いて連続的に成膜される工程を含み、前記複数枚のハーフトーン型位相シフトマスクブランク間における光半透過膜の位相角及び透過率のばらつきが、それぞれ $\pm 2^\circ$ 以内及び $\pm 4\%$ 以内であることを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスクブランクの製造方法。

【請求項3】 透明基板上に、少なくともパターンを形成するための薄膜を有するフォトマスクブランクを、複数枚連続的に製造する方法において、

前記方法は、前記透明基板上に前記薄膜がスパッタリング法を用いて連続的に成膜される工程を含み、前記透明基板上に前記薄膜がスパッタリング法を用いて連続的に成膜される工程は、透明基板がスパッタ室に搬入され、前記スパッタ室においてパターンを形成するための薄膜が形成され、前記スパッタ室から成膜後の透明基板が搬出される一連のプロセスが複数枚の基板に対して順次行われ、その透明基板の搬入と搬出とを略一定間隔で行うことによって、成膜時間を複数枚のブランク間で一定にする工程を含み、かつ前記工程において得られたフォトマスクブランクのうち成膜開始1枚目から少なくとも5枚目までを除外することを特徴とするフォトマスクブランクの製造方法。

【請求項4】 前記パターンを形成するための薄膜は、位相シフト膜であり、前記フォトマスクブランクが位相シフトマスクブランクであることを特徴とする請求項3に記載の製造方法。

【請求項5】 前記パターンを形成するための薄膜は、光半透過性の位相シフト膜であり、前記フォトマスクブランクがハーフトーン型位相シフトマスクブランクであることを特徴とする請求項3に記載の製造方法。

【請求項6】 透明基板上に少なくともパターンを形成するための薄膜を有するフォトマスクブランクの製造方法において、

前記薄膜を、前記基板を回転させながら、前記基板の中心軸からその中心軸がずれた位置に対向するターゲットをスパッタリングすることによって成膜することを特徴とするフォトマスクブランクの製造方法。

【請求項7】 前記基板とターゲットの対向する面が、所定の角度を有するように該ターゲットと基板が配置されていることを特徴とする請求項6に記載の製造方法。

【請求項8】 成膜の開始から成膜の終了までの間で透明基板を整数回回転させて成膜を行うことを特徴とする請求項6又は7に記載の製造方法。

【請求項9】 前記パターンを形成するための薄膜は、位相シフト膜であり、前記フォトマスクブランクが位相シフトマスクブランクであることを特徴とする請求項6～8のいずれかに記載の製造方法。

【請求項10】 前記位相シフト膜の位相角の面内のばらつきが、 $\pm 2^\circ$ 以内であることを特徴とする請求項9に記載の製造方法。

【請求項11】 前記パターンを形成するための薄膜は、光半透過性の位相シフト膜であり、前記フォトマスクブランクがハーフトーン型位相シフトマスクブランクであることを特徴とする請求項6～10のいずれかに記載の製造方法。

【請求項12】 前記光半透過性の位相シフト膜の位相角の面内のばらつきが $\pm 2^\circ$ 以内かつ透過率の面内のばらつきが $\pm 4\%$ 以内であることを特徴とする請求項11に記載の製造方法。

【請求項13】 前記光半透過性の位相シフト膜が、窒素を含む雰囲気中で金属及びシリコンからなるターゲットをスパッタリングすることによって形成された金属、シリコン及び窒素を主たる構成成分として含む膜であり、前記光半透過性の位相シフト膜における窒素の含有量がシリコンよりも大きくなるように形成されたことを特徴とする請求項11又は12に記載の製造方法。

【請求項14】 請求項1～13のいずれかに記載のフォトマスクブランクにおける薄膜にパターニングを施すことによって製造されたことを特徴とするフォトマスク。

【請求項15】 請求項14に記載のフォトマスクを用いてパターン転写を行ったことを特徴とするパターン転写方法。

【請求項16】 基板を一枚ずつ導入するロードロック機構と、ロードロック室からスパッタ室へ基板を一定の間隔で一枚ずつ導入する基板搬送機構と、基板上に成膜を行うスパッタ室と、スパッタ室から基板を一枚ずつ排出するアンロードロック機構と、を少なくとも有することを特徴とするフォトマスクブランクの製造装置。

【請求項17】 回転機構を有する基板載置台と、基板の中心軸からその中心軸がずれた位置に対向するターゲットとを有することを特徴とするフォトマスクブランクの製造装置。

【請求項18】 前記基板とターゲットの対向する面が、所定の角度を有するように該ターゲットと基板が配置されていることを特徴とする請求項17に記載の製造装置。

【請求項19】 基板の回転位置を検出する手段と、放電をONにした時点（成膜開始）からから基板が整数回回転し放電をONにした時点と同じ回転角位置に基板がきた時点で放電をOFF（成膜終了）にする手段と、を有することを特徴とする請求項16～18のいずれかに記載のハーフトーン型位相シフトマスクブランクの製造装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、特にArFエキシマレーザー及びF<sub>2</sub>エキシマレーザーに適した位相シフトマスクブランク製造方法及び製造装置等に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】近年、フォトリソグラフィに要求される二つの重要な特性である高解像度化と焦点深度の確保は相反する関係にあり、露光装置のレンズの高NA化、短波長化だけでは実用解像度を向上できないことが明らかにされた（月刊Semiconductor World 1990.12、応用物理第60巻第11月号（1991）等）。

【0003】このような状況下、次世代のフォトリソグラフィ技術として位相シフトリソグラフィが注目を集めており、一部実用化されている。位相シフトリソグラフィは、光学系には変更を加えず、マスクだけの変更で光リソグラフィの解像度を向上させる方法であり、フォトマスクを透過する露光光間に位相差を与えることにより透過光相互の干渉を利用して解像度を飛躍的に向上できるようにしたものである。位相シフトマスクは、光強度情報と位相情報とを併有するマスクであり、レベンソン（Levenson）型、補助パターン型、自己整合型（エッジ強調型）などの各種タイプが知られている。これらの位相シフトマスクは、光強度情報しか有しない従来のフォトマスクに比べ、構成が複雑で製造にも高度の技術を要する。

【0004】この位相シフトマスクの一つとして、いわゆるハーフトーン型位相シフトマスクと称される位相シフトマスクが近年開発されている。このハーフトーン型の位相シフトマスクは、光半透過部が、露光光を実質的に遮断する遮光機能と、光の位相をシフト（通常は反転）させる位相シフト機能との二つの機能を兼ね備えることになるので、遮光膜パターンと位相シフト膜パターンを別々に形成する必要がなく、構成が単純で製造も容易であるという特徴を有している。ハーフトーン位相シフトマスクにおいてはマスクパターンの加工をドライエッチング工程により行っているが、遮光機能と位相シフト機能を別々の層で実現する方法では、遮光機能を有する層と位相シフト機能を持つ層の両方について、良好なパターン形状を得るための高度な制御が必要である。それに対し、遮光機能と位相シフト機能を兼ね備えた単層の光半透過部を構成することにより、単一のエッチング工程を用いることができるので、マスクの製造工程を単

純化でき、容易に良好なパターン形状を得ることが可能である。

【0005】ハーフトーン型の位相シフトマスクは、図10に示すように、透明基板100上に形成するマスクパターンを、実質的に露光に寄与する強度の光を透過させる光透過部（透明基板露出部）200と、実質的に露光に寄与しない強度の光を透過させる光半透過部（遮光部兼位相シフト部）300とで構成し（同図（a））、かつ、この光半透過部を透過する光の位相をシフトさせて、光半透過部を透過した光の位相が光透過部を透過した光の位相に対して実質的に反転した関係になるようにすることによって（同図（b））、光半透過部と光透過部との境界部近傍を通過し回折現象によって互いに相手の領域に回り込んだ光が互いに打ち消しあうようにし、境界部における光強度をほぼゼロとし境界部のコントラストすなわち解像度を向上させるものである（同図（c））。

【0006】ところで上述したハーフトーン型の位相シフトマスクやブランクにおける光半透過部や光半透過膜（位相シフト層）は、光透過率及び位相シフト量の双方について、要求される最適な値を有している必要がある。具体的には、（1）i線、KrFエキシマレーザー、ArFエキシマレーザー等の露光波長において透過率を3から20%の範囲で調整可能であること、（2）前記露光波長において通常は180°近傍の値に位相角が調整可能であること、（3）検査波長である257nm、266nm、364nm、488nm等の波長において通常は65%以下の検査可能な透過率を有していること、が必要である。

##### 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、露光に用いるレーザーの波長がi線（365nm）やKrFエキシマレーザー（248nm）から、ArFエキシマレーザー（193nm）へと短波長化するにつれて、上述した従来のハーフトーン型位相シフトマスク及びその製造方法には、次に示すような問題が生じてきた。すなわち、位相シフトマスクブランクを量産する場合、そのブランクス間や面内における位相角及び透過率のばらつきがあると、歩留まりが悪く、特にArF、F<sub>2</sub>エキシマレーザーなどの短波長用のマスクブランクスにおいては、従来のi線、KrFエキシマレーザー用マスクブランクスにおけるブランクス間や面内の位相角及び透過率のばらつきでは、ばらつきが大きく、歩留まりも悪いため、そのまま適用できないという問題点があった。

【0008】本発明は上述した背景の下になされたもので、ブランクス間における位相角及び透過率のばらつきを極力低減でき、歩留まりの良い位相シフトマスクブランクの製造方法等の提供を第一の目的とする。また、ブランクス面内における位相角及び透過率のばらつきを極力低減でき、歩留まりの良い位相シフトマスクブラ

ンクの製造方法等の提供を第二の目的とする。さらに、  
 ブランク間における位相角及び透過率のばらつきを極  
 力低減でき、歩留まりの良く製造できる位相シフトマ  
 スクブランクの製造装置等の提供を第三の目的とする。ま  
 た、ブランクの面内における位相角及び透過率のばら  
 つきを極力低減でき、歩留まりの良く製造できる位相シ  
 フトマスクブランクの製造装置等の提供を第四の目的と  
 する。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため  
 に本発明は以下の構成を有する。

【0010】（構成1） 透明基板上に、少なくとも位  
 相シフト膜を有する位相シフトマスクブランクを、複数  
 枚連続的に製造する方法において、前記方法は、透明基  
 板上に位相シフト膜がスパッタリング法を用いて連続的  
 に成膜される工程を含み、前記複数枚のブランク間にお  
 ける位相シフト膜の位相角のばらつきが、 $\pm 2^\circ$  以内で  
 あることを特徴とする位相シフトマスクブランクの製造  
 方法。

【0011】（構成2） 透明基板上に、少なくとも光  
 半透過膜を有するハーフトーン型位相シフトマスクブ  
 ランクを、複数枚連続的に製造する方法において、前記方  
 法は、透明基板上に光半透過膜がスパッタリング法を用  
 いて連続的に成膜される工程を含み、前記複数枚のハ  
 ーフトーン型位相シフトマスクブランク間における光半透  
 過膜の位相角及び透過率のばらつきが、それぞれ $\pm 2^\circ$   
 以内及び $\pm 4\%$ 以内であることを特徴とするハーフト  
 ーン型位相シフトマスクブランクの製造方法。

【0012】（構成3） 透明基板上に、少なくともパ  
 ターンを形成するための薄膜を有するフォトマスクブ  
 ランクを、複数枚連続的に製造する方法において、前記方  
 法は、前記透明基板上に前記薄膜がスパッタリング法を  
 用いて連続的に成膜される工程を含み、前記透明基板上  
 に前記薄膜がスパッタリング法を用いて連続的に成膜さ  
 れる工程は、透明基板がスパッタ室に搬入され、前記ス  
 パッタ室においてパターンを形成するための薄膜が形成  
 され、前記スパッタ室から成膜後の透明基板が搬出され  
 る一連のプロセスが複数枚の基板に対して順次行われ、  
 その透明基板の搬入と搬出とを略一定間隔で行うこと  
 によって、成膜時間を複数枚のブランク間で一定にする  
 工程を含み、かつ前記工程において得られたフォトマス  
 クブランクのうち成膜開始1枚目から少なくとも5枚目ま  
 でを除外することを特徴とするフォトマスクブランクの  
 製造方法。

【0013】（構成4） 前記パターンを形成するた  
 めの薄膜は、位相シフト膜であり、前記フォトマスクブ  
 ランクが位相シフトマスクブランクであることを特徴と  
 する構成3に記載の製造方法。

【0014】（構成5） 前記パターンを形成するた  
 めの薄膜は、光半透過性の位相シフト膜であり、前記フ

トマスクブランクがハーフトーン型位相シフトマスクブ  
 ランクであることを特徴とする構成3に記載の製造方  
 法。

【0015】（構成6） 透明基板上に少なくともパタ  
 ーンを形成するための薄膜を有するフォトマスクブラン  
 クの製造方法において、前記薄膜を、前記基板を回転さ  
 せながら、前記基板の中心軸からその中心軸がずれた位  
 置に対向するターゲットをスパッタリングすることによ  
 って成膜することを特徴とするフォトマスクブランクの  
 製造方法。

【0016】（構成7） 前記基板とターゲットの対向  
 する面が、所定の角度を有するように該ターゲットと基  
 板が配置されていることを特徴とする構成6に記載の製  
 造方法。

【0017】（構成8） 成膜の開始から成膜の終了ま  
 での間で透明基板を整数回回転させて成膜を行うことを  
 特徴とする構成6又は7に記載の製造方法。

【0018】（構成9） 前記パターンを形成するた  
 めの薄膜は、位相シフト膜であり、前記フォトマスクブ  
 ランクが位相シフトマスクブランクであることを特徴と  
 する構成6～8のいずれかに記載の製造方法。

【0019】（構成10） 前記位相シフト膜の位相角  
 の面内のばらつきが、 $\pm 2^\circ$  以内であることを特徴と  
 する構成9に記載の製造方法。

【0020】（構成11） 前記パターンを形成するた  
 めの薄膜は、光半透過性の位相シフト膜であり、前記フ  
 ォトマスクブランクがハーフトーン型位相シフトマス  
 クブランクであることを特徴とする構成6～10のいづれ  
 かに記載の製造方法。

【0021】（構成12） 前記光半透過性の位相シ  
 フト膜の位相角の面内のばらつきが $\pm 2^\circ$  以内かつ透過率  
 の面内のばらつきが $\pm 4\%$ 以内であることを特徴とする  
 構成11に記載の製造方法。

【0022】（構成13） 前記光半透過性の位相シ  
 フト膜が、窒素を含む雰囲気中で金属及びシリコンから  
 なるターゲットをスパッタリングすることによって形成  
 された金属、シリコン及び窒素を主たる構成成分として  
 含む膜であり、前記光半透過性の位相シフト膜における  
 窒素の含有量がシリコンよりも大きくなるように形成  
 されたことを特徴とする構成11又は12に記載の製造方  
 法。

【0023】（構成14） 構成1～13のいずれかに  
 記載のフォトマスクブランクにおける薄膜にパターニ  
 ングを施すことによって製造されたことを特徴とするフ  
 ォトマスク。

【0024】（構成15） 構成14に記載のフォトマ  
 スクを用いてパターン転写を行ったことを特徴とするパ  
 ターン転写方法。

【0025】（構成16） 基板を一枚づつ導入するロ  
 ードロック機構と、ロードロック室からスパッタ室へ基

10

20

30

40

50

板を一定の間隔で一枚ずつ導入する基板搬送機構と、基板上に成膜を行うスパッタ室と、スパッタ室から基板を一枚ずつ排出するアンロードロック機構と、を少なくとも有することを特徴とするフォトマスクブランクの製造装置。

【0026】（構成17） 回転機構を有する基板載置台と、基板の中心軸からその中心軸がずれた位置に対向するターゲットとを有することを特徴とするフォトマスクブランクの製造装置。

【0027】（構成18） 前記基板とターゲットの対向する面が、所定の角度を有するように該ターゲットと基板が配置されていることを特徴とする構成17に記載の製造装置。

【0028】（構成19） 基板の回転位置を検出する手段と、放電をONにした時点（成膜開始）からから基板が整数回回転し放電をONにした時点と同じ回転角位置に基板がきた時点で放電をOFF（成膜終了）にする手段と、を有することを特徴とする構成16～18のいずれかに記載のハーフトーン型位相シフトマスクブランクの製造装置。

【0029】

【作用】上記構成1、2によれば、位相シフトマスクブランク間における位相シフト膜の位相角のばらつきが $\pm 2^\circ$ あるいはハーフトーン型位相シフトマスクブランク間における光半透過膜の位相角及び透過率のばらつきが、それぞれ $\pm 2^\circ$ 以内及び $\pm 4\%$ 以内であるので、ArF、F<sub>2</sub>エキシマレーザなどの短波長用の位相シフトマスクの製造の量産実用化を実現できる。この範囲を超えるとArF、F<sub>2</sub>エキシマレーザなどの短波長用の位相シフトマスクの製造の量産実用化は困難である。なお、KrFエキシマレーザ用の場合は、現状においても実用可能であるが、マスクブランク間における光半透過膜の位相角及び透過率のばらつきは小さい方が好ましいので、構成1、2記載の発明は、KrFエキシマレーザ用位相シフトマスクブランクについても適用可能である。

【0030】上記構成3～5によれば、フォトマスクブランクにおける膜特性（透過率（OD）、膜厚等）のブランク間のばらつきを抑えることができ、特に位相シフトマスクブランク間における位相シフト膜の位相角のばらつきが $\pm 2^\circ$ あるいはハーフトーン型位相シフトマスクブランク間における光半透過膜の位相角及び透過率のばらつきが、それぞれ $\pm 2^\circ$ 以内及び $\pm 4\%$ 以内である位相シフトマスクの製造を実現できる。

【0031】上記構成6～12によれば、フォトマスクブランクにおける膜特性（透過率（OD）、膜厚等）の面内のばらつきを抑えることができ、特に位相シフトマスクブランクの面内における位相シフト膜の位相角のばらつきが $\pm 2^\circ$ あるいはハーフトーン型位相シフトマスクブランクの面内における光半透過膜の位相角及び透

率のばらつきが、それぞれ $\pm 2^\circ$ 以内及び $\pm 4\%$ 以内である位相シフトマスクブランクを実現できるため、ArF、F<sub>2</sub>エキシマレーザなどの短波長用の位相シフトマスクの実用化を実現できる。この範囲を超えるとArF、F<sub>2</sub>エキシマレーザなどの短波長用の位相シフトマスクの実用化は困難である。なお、KrFエキシマレーザ用の場合は、現状においても実用可能であるが、マスクブランクの面内における光半透過膜の位相角及び透過率のばらつきは小さい方が好ましいので、構成6～12記載の発明は、KrFエキシマレーザ用位相シフトマスクブランクについても適用可能である。

【0032】上記構成13によれば、位相角のばらつきをさらに抑えることが可能となる。

【0033】上記構成14によれば、マスク間あるいはマスク面内のばらつきを抑えたフォトマスクを得ることができる。

【0034】上記構成15によれば、優れた微細パターン加工が可能となる。

【0035】上記構成16～19の装置によれば、フォトマスクブランクにおける膜特性（透過率（OD）、膜厚等）のブランク間又は面内のばらつきを抑えることができ、特に位相シフトマスクブランク間又は面内における位相シフト膜の位相角のばらつきが $\pm 2^\circ$ 以内である位相シフトマスクブランクや、ハーフトーン型位相シフトマスクブランク間又は面内における光半透過膜の位相角及び透過率のばらつきが、それぞれ $\pm 2^\circ$ 以内及び $\pm 4\%$ 以内である位相シフトマスクブランクの製造を実現できる。

【0036】以下本発明を詳細に説明する。

【0037】上述した目的を達成するために、研究を進めた結果、以下のことがわかった。ハーフトーン位相シフトマスクでは光半透過部の位相角と透過率が所望の値に調整されていることが機能上重要である。位相角と透過率の誤差範囲は、ブランクス間変動（ブランクス間ばらつき）、ブランクス内分布（面内ばらつき）共に、それぞれ $\pm 2^\circ$ 程度、 $\pm 4^\circ$ 程度が要求される。位相角や透過率を変化させる要因としては、（1）光半透過膜の成膜手順、（2）光半透過膜を形成するスパッタリング装置の性能、（3）光半透過膜の材質が挙げられる。

【0038】（1）光半透過膜を形成する成膜手順について詳しく説明する。光半透過膜の成膜時間をスパッタリングの開始と終了で決定する場合、スパッタリング終了から次のスパッタリング開始までの間隔を一定にすることが、位相角及び透過率のブランクス間変動（ブランクス間ばらつき）をそれぞれ $\pm 2^\circ$ 以内、 $\pm 4^\circ$ 以内とすること（再現性向上）に有効である。スパッタリング現象はターゲットやシールドの温度や表面状態を変化させ、同時に真空槽内の真空度も変化させる。従来のようにスパッタリング終了から次のスパッタリング開始までの間隔が一定でない間欠的なスパッタリングを行うと、

ターゲットやシールドの状態が刻々と変化する。本発明のように、スパッタリング終了から次のスパッタリング開始までの間隔とスパッタリング時間およびスパッタリング条件を常に一定にすると、作製枚数が5から10枚後以降で位相角、透過率の変動が小さくなる。すなわち、一定間隔で継続的に光半透過膜の形成を行い、開始から5ないし10枚目以前を除外することで、位相角、透過率の変動が少ないハーフトーン位相シフトマスクブランクスを安定して製造することが可能である。具体的には、位相角及び透過率のブランクス間ばらつきがそれぞれ $\pm 2^\circ$ 以内、 $\pm 4^\circ$ 以内であるハーフトーン位相シフトマスクブランクスを安定して製造することが可能である。

【0039】この工程を実現するためには、図1に示すような、スパッタリングを行う真空槽（スパッタ室）を常に高真空状態に保持できるロードロック機構を設け、ロードロック室からスパッタ室への基板導入を、一定の間隔で、継続的に行えるような装置構成が必要である。このためには、あえて一枚づつ基板を導入するロードロック機構を設け、しかもロードロック室の容積を、ロードロック室からスパッタ室への基板導入を、一定の間隔で、継続的に行えるような容積に設計する必要がある。従来のハーフトーン位相シフトマスクブランクス製造装置では、スループットの観点から、ロードロック室内に10枚程度の基板をセットする方式（あるいはインライン方式）であるが、この方式では、ロードロック室の容積が大きいため、ロードロック室内を所定の真空度にするのに時間がかかり、この間スパッタ室内では成膜が行われないため、すべての成膜が終了し次のカセットをロードロック室内にセットして成膜を行う際に、スパッタ室への基板導入が一定の間隔で継続的に行なわれない。この際さらに問題なのは、スパッタ室への基板導入が一定の間隔で継続的に行なわれないと、スパッタ室での成膜が安定せず最初の5～10枚程度は位相角や透過率のブランクス間ばらつきが大きく、歩留まりが悪いことである。

【0040】図1において、ロードロック室11には、大気とロードロック室11を隔離するバルブ12と、ロードロック室11とスパッタ室13を隔離するバルブ14が取り付けられている。ロードロック室11としては、上記で説明したスパッタ室への基板導入を一定の間隔で継続的に行いうる枚葉式でしかも所定の容積に設計されたものを設けている。スパッタ室13は後述する図2に示すようなスパッタリングを行う真空槽と同等の機能を有する。スパッタ室13への基板導入をロボットアームにて行う場合には、スパッタ室13とロードロック室11の間に搬送室15を設けてもよい。ロボットアーム19は、腕19aが図示A方向に開閉することによりハンド19bを図示B方向に移動でき、またロボットアーム19は図示C方向に回転でき、さらにロボットア

ム19は紙面に対し上下方向に移動できる構成になっている。さらに、成膜のスループットを向上させるためには、上記ロードロック室11と同様の構成を有するアンロードロック室16を追加してもよい。図1を用いて、透明基板上に光半透過膜を形成する工程の一例を説明する。

- 1) バルブ14を閉じた後、ベントを行いロードロック室11内を大気圧にする。
  - 2) バルブ12を開いてロードロック室11内に透明基板を一枚導入する。
  - 3) バルブ12を閉じてロードロック室11を排気する。
  - 4) ロードロック室11が所定の真空度に達した後、バルブ14を開いて透明基板をスパッタ室13に移動させる。
  - 5) スパッタ室13にて、後述する図2に示す構成を用いて光半透過膜を形成する。
  - 6) 光半透過膜の成膜終了後、バルブ17を開いて基板をアンロードロック室16に移動させる。このときアンロードロック室16は所定の真空度まで排気されていることが必要である。
  - 7) バルブ17を閉じた後、ベントを行いアンロードロック室を大気圧にする。
  - 8) バルブ18を開いて基板を取り出す。
- スパッタ室13内における光半透過膜の成膜が終了し、スパッタ室13からアンロードロック室16に基板が移動されるまでの間に、上記工程1)から4)までを終了させ、ロードロック室11に次の基板を待機させる。前回の成膜が終了して、スパッタ室13からアンロードロック室16に基板が移動されたら、待機させた透明基板をスパッタ室13に移動させ、引き続き光半透過膜の成膜を行う。このような工程により、装置のメンテナンス時等を除いて一定の間隔で継続的（連続的）に光半透過膜の形成が可能となる。

【0041】(2)次に、光半透過膜を形成するスパッタリング装置の性能について詳しく説明する。光半透過膜を形成するスパッタリング時のガス圧、スパッタリング用DC電源の出力、スパッタリングを行う時間は直接的に透過率、位相角に影響を与えるため、ガス流量コントローラ、DC電源その他機器の精度向上やコントローラから発信する設定信号の精度向上が必要である。スパッタリング時のガス圧は、装置の排気コンダクタンスにも影響を受けるため、排気口バルブの開度やシールドの位置を正確に決定できる機構も必要である。具体的な制御精度については後述する。また、窒化シリコンを含む膜では、真空槽内壁から発生する水分等のガスが、膜の光学特性に大きな影響を与えるため、真空槽内を十分に排気できるポンプを装着し、真空槽内壁をベーキングできる機構を設けることが必要である。真空槽内の真空度は、成膜速度が10nm/minである場合はおおむね



$2 \times 10^{-5}$  Pa 以下、成膜速度が  $5 \text{ nm/min}$  である場合には  $1 \times 10^{-5}$  Pa 以下が必要である。さらに位相角及び透過率のブランクス内分布（面内ばらつき）をそれぞれ  $\pm 2^\circ$  以内、 $\pm 4^\circ$  以内に抑えるためには、透明基板を回転させながら成膜を行うとともに、成膜の開始から成膜の終了までの間で透明基板を整数回回転させて成膜を行うことが必要である。このためには、例えば、基板の回転角位置を検出するセンサによって、放電を ON にした時点（成膜開始）の基板回転角位置検出し、さらにこのセンサによって、基板が整数回回転して放電を ON にした時点と同じ回転角位置に基板がきた時点で放電を OFF（成膜終了）にする機構を備えることが必要である。

【0042】位相角及び透過率の面内の分布は、基板とターゲットの位置関係によっても変化する。ターゲットと基板の位置関係について、図 8 を用いて説明する。オフセット距離（基板の中心軸と、ターゲットの中心を通りかつ前記基板の中心軸と平行な直線との間の距離）は、位相角及び透過率の分布を確保すべき面積によって調整される。一般には分布を確保すべき面積が大きい場合に、必要なオフセット距離は大きくなる。本実施例のように、 $152 \text{ mm}$  角の基板内で位相角分布  $\pm 2^\circ$  以内及び透過率分布  $\pm 4^\circ$  以内を実現するために、オフセット距離は  $200 \text{ mm}$  から  $350 \text{ mm}$  程度が必要であり、好ましいオフセット距離は  $240 \text{ mm}$  から  $280 \text{ mm}$  である。ターゲットー基板間垂直距離（ $T/S$ ）は、オフセット距離により最適範囲が変化するが、 $152 \text{ mm}$  角の基板内で位相角分布  $\pm 2^\circ$  以内及び透過率分布  $\pm 4^\circ$  以内を実現するために、ターゲットー基板間垂直距離（ $T/S$ ）は、 $200 \text{ mm}$  から  $380 \text{ mm}$  程度が必要であり、好ましい  $T/S$  は  $210 \text{ mm}$  から  $300 \text{ mm}$  である。ターゲット傾斜角は成膜速度に影響し、大きな成膜速度を得るために、ターゲット傾斜角は、 $0^\circ$  から  $45^\circ$  が適当であり、好ましいターゲット傾斜角は  $10^\circ$  から  $30^\circ$  である。図 9 にオフセット距離を変化させた場合に、 $152 \text{ mm}$  角の基板内で位相角分布  $\pm 2^\circ$  以内及び透過率分布  $\pm 4^\circ$  以内を実現できる  $T/S$  の上限と  $T/S$  の下限を示す。

【0043】（3）次に、光半透過膜の材質が位相角、透過率に与える影響を詳しく説明する。光半透過膜の位相角、透過率は成膜速度と窒化の度合いによって変化する。成膜速度と窒化の度合いはスパッタリング中の窒素分圧に影響を受けるが、光半透過膜が完全に窒化した状態では、スパッタリング中の窒素分圧の影響が小さくなる。窒化した金属シリサイド膜では、ESCA で測定した窒素の含有量がシリコンより大きくなるように、スパッタリング中に導入する窒素流量を調整することにより、窒素分圧の変動が光学特性に与える影響を小さくすることが可能である。この方法を用いれば、位相角と透過率の面内分布を小さくすることも同時に可能である。

なお、スパッタリング中に窒素と同時に酸素を添加する場合には、位相角、透過率が酸素の流量変動の影響を大きく受けることになるが、少なくとも窒素の流量変動の影響については、上記の方法にて少なくすることができ

【0044】なお、本発明の構成におけるフォトマスクブランクとは、フォトマスクにおける例えば、遮光膜（クロム又はクロムに酸素、窒素、炭素等を含むクロム化合物、その他のクロム化合物等）及び位相シフトマスクブランクにおける位相シフト膜等を含む。また、本発明の構成における位相シフトマスクブランクにおいては、ハーフトーン型位相シフトマスクブランクのみならず、位相角のばらつきを  $\pm 2^\circ$  以内とする目的で、例えば、レベンソン型、補助パターン型、自己整合型（エッジ強調型）など、他の位相シフトマスクを製造するためのブランクにも適用可能である。

#### 【0045】

【実施例】以下、本発明の実施例についてさらに詳細に説明する。上記図 1 で説明した DC マグネトロンスパッタリング装置を用い、ArF エキシマレーザ（ $193 \text{ nm}$ ）用ハーフトーン型位相シフトマスクブランクス 200 枚を一枚ずつ一定間隔で連続成膜して作製した。具体的には、モリブデン（Mo）とシリコン（Si）との混合ターゲット（Mo:Si=8:92 mol%）を用い、アルゴン（Ar）と窒素（N<sub>2</sub>）との混合ガス雰囲気（Ar:N<sub>2</sub>=10%:90%、圧力：0.1 Pa）で、反応性スパッタリング（DC スパッタリング）により、透明基板上に窒化されたモリブデン及びシリコン（MoSiN）の薄膜（膜厚約  $670 \text{ \AA}$ ）を形成して、ArF エキシマレーザ（波長  $193 \text{ nm}$ ）用位相シフトマスクブランク（膜組成：Mo:Si:N=7:45:48）を得た。

【0046】ここで、図 1 に示す DC マグネトロンスパッタ装置におけるスパッタ室 3 は、図 2 に示すように、真空槽 1 を有しており、この真空槽 1 の内部にマグネトロンカソード 2 及び基板ホルダ 3 が配置されている。マグネトロンカソード 2 にはバックングプレート 4 に接着されたスパッタリングターゲット 5 が装着されている。実施例では、バックングプレート 4 に無酸素鋼を用い、スパッタリングターゲット 5 とバックングプレート 4 の接着にはインジウムを用いている。バックングプレート 4 は水冷機構により直接または間接的に冷却されている。マグネトロンカソード 2 とバックングプレート 4 及びスパッタリングターゲット 5 は電気的に結合されている。基板ホルダ 3 には透明基板 6 が装着されている。なお、本実施例では、図 2 におけるスパッタリングターゲット 5 と基板 6 とが、図 8 に示すように、基板とターゲットの対向する面が所定の角度を有するように、ターゲットと基板が配置されている構成の装置を用いた。この場合、スパッタリングターゲットと基板のオフセット距



離は 340 mm、ターゲット-基板間垂直距離 (T/S) は 380 mm、ターゲット傾斜角は 15° とした。真空槽 1 は排気口 7 を介して真空ポンプにより排気されている。真空槽内の雰囲気形成する膜の特性に影響しない真空度まで達した後、ガス導入口 8 から窒素を含む混合ガスを導入し、DC 電源 9 を用いてマグネトロンカソード 2 に負電圧を加え、スパッタリングを行う。DC 電源 9 はアーク検出機能を持ち、スパッタリング中の放電状態を監視できる。真空槽 1 内部の圧力は圧力計 10 によって測定されている。透明基板上に形成する光半透過膜の透過率は、ガス導入口 8 から導入するガスの種類及び混合比により調整する。混合ガスがアルゴンと窒素である場合には、窒素の比率を大きくすることで、透過率が上昇する。窒素の比率を調整するだけでは所望の透過率が得られない場合、窒素を含む混合ガスに酸素を添加することで、さらに透過率を上昇させることが可能である。光半透過膜の位相角はスパッタリング時間により調整し、露光波長における位相角が約 180° に調整した。

【0047】ブランク間ばらつきの評価上記で得られた 200 枚の位相シフトマスクブランク (サイズ: 15.2 cm 角) について、位相角及び透過率のブランク間ばらつきを調べた。その結果を図 3 に示す。図 3 から、3 枚目以降では、位相角及び透過率のブランク間ばらつきがそれぞれ ±2° 以内、±4° 以内であるハーフトーン位相シフトマスクブランクを安定して製造できることがわかる。なお、11 枚目以降から 200 枚目までについても位相角及び透過率のブランク間ばらつきがそれぞれ ±2° 以内、±4° 以内であることを確認した。この場合、位相角及び透過率に関しては歩留まりは 100% である。

【0048】なお、実施例 1 において、途中 (190 枚目) でメンテナンスのためスパッタ室を開けたこと以外実施例 1 と同様にしてブランクを 200 枚作製し、位相角及び透過率のブランク間ばらつきを調べた。その結果を図 4 に示す。図 4 から、本発明の装置を用いると、最初の数枚、及びスパッタ室開放直後の 5 枚を除き、位相角及び透過率のブランク間ばらつきがそれぞれ ±2° 以内、±4° 以内であるハーフトーン位相シフトマスクブランクを安定して製造でき、位相角及び透過率に関しては歩留まりが 100% であることがわかる。

【0049】また、従来のロードロック室内に 10 枚程度の基板をセットする方式、及びインライン方式の製造装置を用いて、ハーフトーン位相シフトマスクブランクを製造したが、いずれの場合も位相角及び透過率のブランク間ばらつきがそれぞれ ±2° 以内、±4° 以内に収めることは困難であり、歩留まりも悪かった。

【0050】また、実施例 1 において、透明基板を回転させながら成膜を行うとともに、成膜の開始から成膜の

終了までの間で透明基板を整数回転させて成膜を行い、位相角及び透過率の面内ばらつきを調べた。その結果、位相角及び透過率の面内ばらつきがそれぞれ ±2° 以内、±4° 以内であるハーフトーン位相シフトマスクブランクを安定して製造できることを確認した。

【0051】さらに、上記実施例において、次のことがわかった。図 5 に示すように、位相角のばらつきを約 180° ~ 約 172° の範囲に抑えるためには、DC 電源の電力 (パワー) を約 1.77 kW ~ 約 1.825 kW (位相角のばらつきを約 180° ~ 約 178° の範囲に抑えるため好ましくは約 1.82 kW ~ 約 1.81 kW) の範囲で制御する必要があることがわかる。したがって、DC 電源の電力 (パワー) の変動は中心値 ±0.5% に抑えることが必要である。同様に、図 6 から位相角及び透過率のばらつきを抑えるためには、成膜時間を約 560 秒 ~ 約 615 秒 (位相角のばらつきを約 180° ~ 約 178° の範囲に抑えるため好ましくは約 600 秒 ~ 約 594 秒) の範囲で制御する必要があることがわかる。したがって、成膜時間の変動は中心値 ±0.5% に抑えることが必要である。同様に、図 7 から位相角のばらつきを抑えるため、及び、窒化した金属シリサイド膜中の ESCA で測定した窒素の含有量がシリコンより大きくなるように、スパッタリング中に導入する窒素流量を調整することにより、窒素分圧の変動が光学特性に与える影響を小さくするためには、窒素流量を約 35 sccm 以上 (位相角のばらつきを約 180° ~ 約 178° の範囲に抑えるため好ましくは約 35 sccm ~ 約 35.5 sccm) の範囲で制御する必要があることがわかる。なお、窒素分圧の変動が光学特性に与える影響を小さくできる窒素流量は、装置の排気性能や DC パワーによって変化する。

【0052】面内ばらつきの評価上記で得られた位相シフトマスクブランクのうちの 1 枚について、面内の位相角及び透過率のばらつきを調べた。その結果、基板周辺部 10 mm を除く 132 mm 角の範囲で、位相角のばらつきが ±0.8° 以内 (平均値 179.5°、範囲 178.8° ~ 180.3°) であった。また、透過率のばらつきは ±1.3% 以内 (平均値 6.16%、範囲 6.08% ~ 6.23%) であった。なお、比較のため、オフセット距離 340 mm、ターゲット-基板間垂直距離 (T/S) 400 mm、ターゲット傾斜角 15° で成膜を行った場合、位相角のばらつきが ±3.5° (平均値 178.8°、範囲 175.3° ~ 181.7°) であった。また、透過率ばらつきは ±8% (平均値 6.07%、範囲 5.83% ~ 6.56%) であった。さらに、比較のため、基板と対向する位置にターゲットを配置した場合 (オフセット距離 0 mm、ターゲット傾斜角 0°) には、ターゲット径 16 インチ φ にて、位相角のばらつきが ±2.7° (平均値 179.8°、範囲 177.1° ~ 182.0°) であった。また、透過率ばら

つきは±4.2% (平均値6.19%、範囲6.00%~6.45%)であった。オフセット距離は大きい方が面内ばらつきを小さくするのが容易であるが、大きすぎると真空槽の容積が大きくなるため真空排気の性能が悪化し、同時に成膜速度も遅くなる。なお、面内におけるばらつきは、平均値(中心値)に対する最高点(プラス分)と最低点(マイナス分)の両方が規定の範囲に入っているかどうかで評価した。

【0053】以上好ましい実施例をあげて本発明を説明したが、本発明は上記実施例に限定されるものではない。例えば、光半透過膜を構成する金属としてモリブデンを用いたが、これに限定されず、ジルコニウム、チタン、バナジウム、ニオブ、タンタル、タングステン、ニッケル、パラジウムなどを用いることができる。また、金属とシリコンとを含むターゲットとして、モリブデンとシリコンからなるターゲットを用いたが、これに限定されない。金属とシリコンとを含むターゲットにおいて、モリブデンは上記金属の中で特に、透過率の制御性と金属とケイ素を含有するスパッタリングターゲットを用いた場合ターゲット密度が大きく、膜中のパーティクルを少なくすることができるという点において優れている。チタン、バナジウム、ニオブはアルカリ溶液に対する耐久性に優れているが、ターゲット密度においてモリブデンに若干劣っている。タンタルはアルカリ溶液に対する耐久性及びターゲット密度において優れているが、透過率の制御性においてモリブデンに若干劣っている。タングstenはモリブデンとよく似た性質を持っているが、スパッタリング時の放電特性においてモリブデンより若干劣っている。ニッケルとパラジウムは、光学特性、及びアルカリ溶液に対する耐久性の面では優れているが、ドライエッチングがやや困難である。ジルコニウムは、アルカリ溶液に対する耐久性に優れているが、ターゲット密度においてモリブデンに劣っており、かつドライエッチングがやや困難である。これらのことを考慮すると現在のところモリブデンが最も好ましい。窒化されたモリブデン及びシリコン(MoSiN)の薄膜(光半透過膜)は、耐酸性や耐アルカリ性などの耐薬品性に優れる点でも、モリブデンが好ましい。

【0054】また、成膜時の放電安定性を確保しつつ位相シフトマスとしての諸特性を満足する組成の薄膜を得るためには、70~95mol%のシリコンと、金属とを含んだターゲットを、窒素を含む雰囲気中でDCマグネトロンスパッタリングすることにより、窒素、金属及びシリコンとを含む光半透過膜を形成することが好ましい。これは、ターゲット中のシリコン含有量が95mol%より多いと、DCスパッタリングにおいては、ターゲット表面上(エロージョン部)に電圧をかけにくくなる(電気が通りにくくなる)ため、放電が不安定となり、また70mol%より少ないと、高光透過率の光半透過部を構成する膜が得られないからである。また、窒

素ガスとDCスパッタリングとの組合せによって、放電安定性はさらに向上するからである。なお、成膜時の放電安定性は膜質にも影響し、放電安定性に優れると良好な膜質の光半透過膜が得られる。

#### 【0055】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、ブランクス間における位相角及び透過率のばらつきを極力低減でき、歩留まりの良い位相シフトマスクブランクの製造方法を提供できる。また、ブランクス面内における位相角及び透過率のばらつきを極力低減でき、歩留まりの良い位相シフトマスクブランクの製造方法を提供できる。さらに、ブランクス間における位相角及び透過率のばらつきを極力低減でき、歩留まりの良く製造できる位相シフトマスクブランクの製造装置を提供できる。また、ブランクス面内における位相角及び透過率のばらつきを極力低減でき、歩留まりの良く製造できる位相シフトマスクブランクの製造装置を提供できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】ハーフトーン型位相シフトマスクの転写原理を説明するための図である。

【図2】実施例で使用したDCマグネトロンスパッタリング装置におけるスパッタ室の模式図である。

【図3】実施例におけるブランクス間における位相角及び透過率のばらつきを示す図である。

【図4】他の実施例におけるブランクス間における位相角及び透過率のばらつきを示す図である。

【図5】DC電力と位相角との関係を示す図である。

【図6】成膜時間と位相角及び透過率との関係を示す図である。

【図7】窒素流量と位相角との関係を示す図である。

【図8】ターゲットと基板の位置関係を説明するための模式図である。

【図9】オフセット距離を変化させた場合に、位相角分布±2°以内及び透過率分布±4°以内を実現できるT/Sの上限とT/Sの下限を示す図である。

【図10】本発明のスパッタリング装置を説明するための模式図である。

#### 【符号の説明】

- |    |              |
|----|--------------|
| 1  | 真空槽          |
| 2  | マグネatronカソード |
| 3  | 基板ホルダ        |
| 4  | バックングプレート    |
| 5  | スパッタリングターゲット |
| 6  | 透明基板         |
| 6a | 透明基板を保持する部分  |
| 7  | 排気口          |
| 8  | ガス導入口        |
| 9  | DC電源         |
| 10 | 圧力計10        |
| 11 | ロードロック室      |

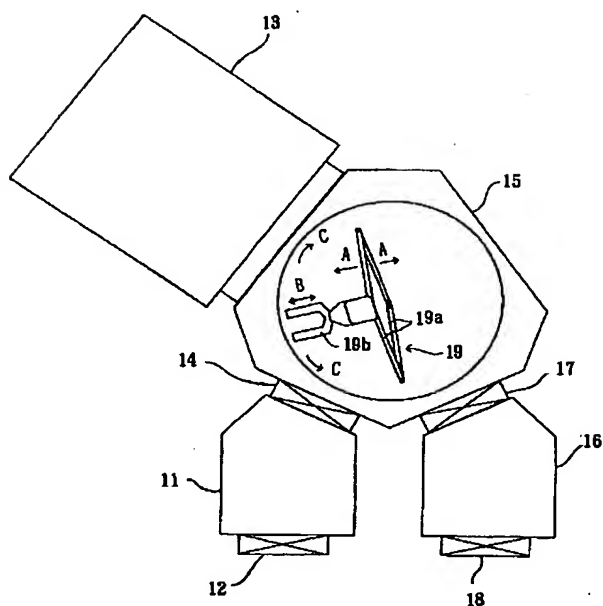
17

- 12 バルブ  
13 スパッタ室  
14 バルブ  
15 搬送室  
16 アンロードロック室  
17 バルブ

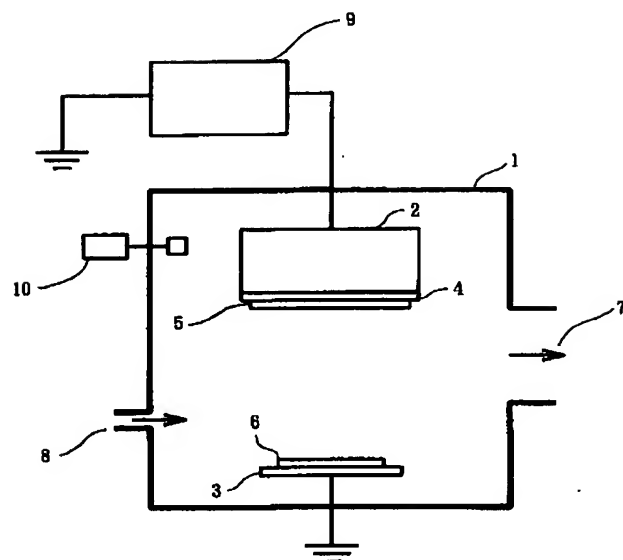
- \* 18 バルブ  
19 ロボットアーム  
100 透明基板  
200 光透過部  
300 光半透過部

\*

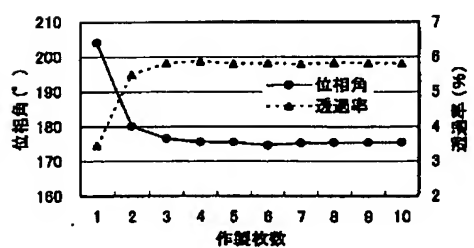
【図1】



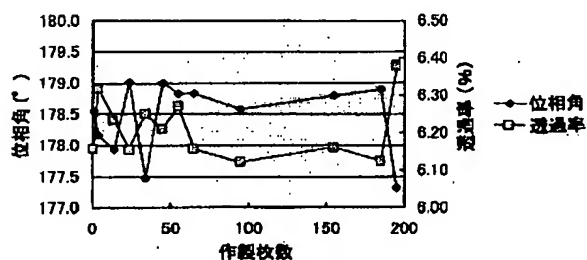
【図2】



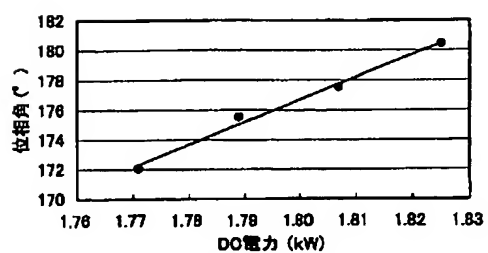
【図3】



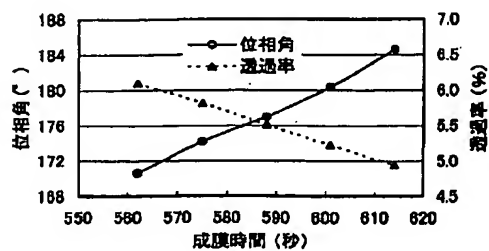
【図4】



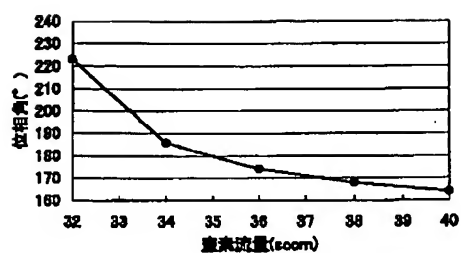
【図5】



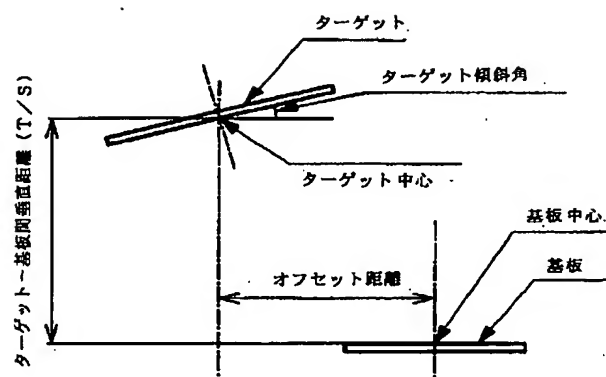
【図6】



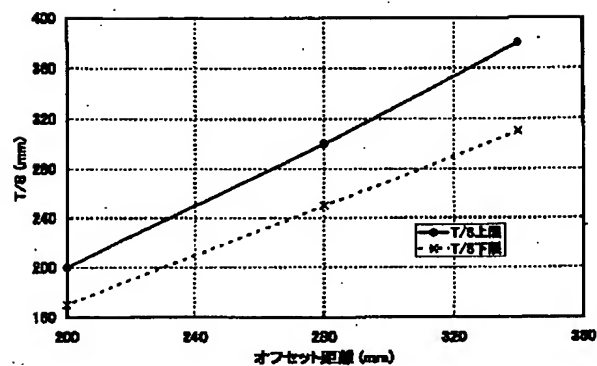
【図7】



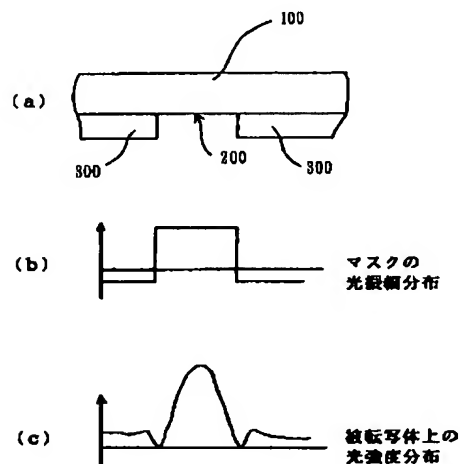
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

C 2 3 C 14/34

H 0 1 L 21/027

識別記号

F I

C 2 3 C 14/34

H 0 1 L 21/30

テーマコード(参考)

J

5 0 2 P